

**Bernhard Wieser**

**Projektplanung zur Errichtung eines  
Kleinwasserkraftwerkes**

eingereicht als

**DIPLOMARBEIT**

an der

**HOCHSCHULE MITTWEIDA (FH)**

---

**UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES**

**Wirtschaftswissenschaften**

Salzburg, 2010

**Erstprüfer: Prof. Dr. Volker Tolkmitt**

**Zweitprüfer: DI. Robert Marsche**

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

# **Bibliographische Beschreibung und Kurzreferat**

Bibliographische Beschreibung:

Wieser, Bernhard:

Projektplanung zur Errichtung eines Kleinwasserkraftwerkes. – 2010 - 88 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2010

Referat:

Unter Betrachtung rechtlicher, ökologischer, und ökonomischer Gesichtspunkte ist eine Basis für die richtige technische Auslegung einer Kleinwasserkraftanlage auszuarbeiten. Die Arbeit soll weiters eine Entscheidungsgrundlage für eine wirtschaftlich sinnvolle Investition in diese darstellen. Ziel der Diplomarbeit ist, sie in Form einer Ökostromanlage im Netzparallelbetrieb zu planen. Anhand eines real geplanten Projektes in Salzburg (Österreich) wird die aktuelle rechtliche Situation, das theoretisch vorhandene Energiepotenzial, die technische Auslegung der Anlage sowie die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens beleuchtet. Die zur Verfügung stehenden Alternativen der Verwendung des erzeugten Stromes und in der Finanzierung werden nachvollziehbar gegenübergestellt und in der Investitionsentscheidung berücksichtigt.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Individuelle Motivationsfaktoren zur Errichtung .....	2
1.2 Voraussetzungen zur Errichtung eines Kleinwasserkraftwerkes .....	2
1.3 Definition von Kleinwasserkraft.....	3
<b>2 Projektplanung zur Errichtung eines Kleinwasserkraftwerkes</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Rechtliche Situation</b> .....	<b>8</b>
2.1.1 Rechtlicher Ist-Zustand .....	9
2.1.2 Rechtlicher Soll-Zustand.....	16
<b>2.2 Berücksichtigung ökologischer Aspekte</b> .....	<b>24</b>
2.2.1 Ökologischer Zustand des Quellflures .....	25
2.2.2 Ausgleichsmaßnahmen .....	27
<b>2.3 Geomorphologie des Standortes</b> .....	<b>30</b>
2.3.1 Geologische Situation .....	30
2.3.2 Orographische Karte.....	32
<b>2.4 Energetisches Potenzial des Quellwassers</b> .....	<b>33</b>
2.4.1 Allgemeines .....	33
2.4.2 Hydrologische Situation an der Loherquelle .....	33
2.4.3 Ermittlung der hydrologischen und geomorphologischen Parameter .....	35
2.4.4 Berechnung des theoretischen Energiepotenziales.....	42
<b>2.5 Technische Auslegung der Wasserkraftanlage</b> .....	<b>45</b>
2.5.1 Allgemeines zur technischen Auslegung .....	45
2.5.2 Quellfassungen .....	47
2.5.3 Einlaufbauwerk .....	49
2.5.4 Druckrohrleitung.....	51
2.5.5 Turbinentechnik .....	54
2.5.6 Generator.....	63
2.5.7 Steuerung/ Regelung .....	66
2.5.8 Überwachungsgerät und Netzanschluss .....	68
2.5.9 Kraftwerksunterbringung.....	69
<b>2.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b> .....	<b>70</b>
2.6.1 Aktuelle Stromkosten .....	70
2.6.2 Jährliche Einsparungen und Einnahmen durch das Kraftwerk .....	71
2.6.3 Förderungen für Ökostrom-Kleinwasserkraftanlagen .....	77
2.6.4 Investitionskosten und Betriebskosten.....	79
2.6.5 Besteuerung.....	83
2.6.6 Finanzierungskosten.....	84

2.6.7	Berechnung der Wirtschaftlichkeit .....	84
<b>3</b>	<b>Schluss .....</b>	<b>88</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
	<b>Eigenständigkeitserklärung .....</b>	<b>VIII</b>

# Abkürzungsverzeichnis

Abs.	Absatz
AG	Aktiengesellschaft
BauPolG.	Baupolizeigesetz
bzw.	beziehungsweise
$C_0$	Kapitalbarwert
Cent/kWh	Eurocent je Kilowattstunde
ebd.	Ebenda
ENS	Einrichtung zur Netzüberwachung mit zugeordneten Schaltorganen
$E_{pot}$	potentielle Energie
$F_i$	Investitionszuschusssatz
$F_s$	Fördersumme
$g$	Gravitationskonstante der Erde
$G_a$	Jahreseinsparung
$G_e$	Jahreseinnahmen
$h$	Höhe
ha	Hektar
Hz	Herz (Maßeinheit für die Frequenz)
idF	in der Fassung
idgF.	In der gültigen Fassung
i.d.R.	in der Regel
$I$	Anschaffungskosten
$i$	Zinsfaktor
J	Joule
kg	Kilogramm
kg/sec.	Kilogramm pro Sekunde
$K_a$	Administrative Kosten
$K_{arb}$	Arbeitskosten
$K_b$	Baukosten
$K_{bet}$	jährliche Betriebskosten
$K_e$	Erdbewegungskosten

$K_i$	Investitionskosten
$K_k$	Kommissionsgebühren
$K_{komp}$	Ausgleichsmaßnahmenkosten
$K_m$	Materialkosten
km	Kilometer
km <sup>2</sup>	Quadratkilometer
$K_p$	Planungskosten
$K_s$	Stromkosten
$K_{sonst}$	sonstige Kosten
$K_{\ddot{u}}$	Überprüfungskosten
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunden pro Jahr
KWK	Kleinwasserkraftwerk
LEG	Landeselektrizitätsgesetz
LGBl	Landesgesetzblatt
l/sec.	Liter pro Sekunde (auch Sekundenliter)
lt.	laut
m	Meter
mm	Millimeter
M	Masse
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
m/sec <sup>2</sup> .	Meter pro Sekunde im Quadrat
m <sup>3</sup> /sec.	Kubikmeter pro Sekunde
min.	mindestens
MW	Megawatt
Nr.	Nummer
NSchG.	Naturschutzgesetz
OeM-AG	Ökostrommanagement AG
ÖSG	Ökostromgesetz
$P_{eng}$	Engpassleistung
Pkt.	Punkt
$P_{min}$	Mindestleistung

$R_t$	Jahresüberschuss
$T$	Berechnungszeitraum
u.	und
U/min.	Umdrehungen pro Minute
U/sec.	Umdrehungen pro Sekunde
Vgl.	Vergleiche
W	Watt
$W_a$	Jahresarbeitsvermögen
$W_{eff}$	Jährliche Substitutionsstrommenge
$W_n$	Jährliche Netzeinspeisestromleistung
$W_s$	Wattsekunde
WRG	Wasserrechtsgesetz
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
€	EURO
€/a	EURO pro Jahr
€/kW	EURO pro Kilowatt
€/kWh	EURO pro Kilowattstunde
§	Paragraph
%	Prozent
3D	Dreidimensional
$\eta_{ek}$	Stromleitungswirkungsgrad
$\eta_g$	Generatorwirkungsgrad
$\eta_{ges}$	Gesamtwirkungsgrad
$\eta_l$	Druckleitungswirkungsgrad
$\eta_r$	Wirkungsgrad Steuerungs- und Regelungstechnik
$\eta_{sonst}$	Wirkungsgrad sonstiger Verlustfaktoren
$\eta_t$	Turbinenwirkungsgrad
$\eta_{tspec}$	Spezifischer Turbinenwirkungsgrad

## Abbildungsverzeichnis

- Abb.1 Wieser, Bernhard; Fotografie, Kuchl, 2010: Reste der zerfallenen Mühle an der Loherquelle Grundbuch Nr. 159
- Abb.2 Auszug aus Wasserbuch/WIS, [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Katastralgemeinde Weißenbach, Detail Wasserschongebiet Loherquelle, verfügbar am 20.10.2010
- Abb.3 Auszug aus Wasserbuch/WIS, [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Katastralgemeinde Weißenbach, Wasserschutzgebiet Loherquelle Schutzzone 2, verfügbar am 20.10.2010
- Abb.4 Auszug aus Wasserbuch/WIS, [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Katastralgemeinde Weißenbach, Detail Wasserschutzgebiet Loherquelle Schutzzone 1, verfügbar am 20.10.2010
- Abb.5 Wieser, Bernhard; Fotografie, Kuchl, 2010: Ökologischer Zustand des Quellflurs an der Loherquelle
- Abb.6 Wieser, Bernhard; Fotografie, Kuchl, 2010: Ausgleichsfläche für kompensatorische Maßnahmen
- Abb.7 [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Schwemmfächer des Sulzbaches, verfügbar am 20.10.2010
- Abb.8 [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Orographische Darstellung des Quelleinzugsgebietes, verfügbar am 16.10.2010
- Abb.9 [www.wwa-m.bayern.de](http://www.wwa-m.bayern.de), Schematische Darstellung eines Querschnitts einer Schichtquelle, verfügbar am 18.11.2010
- Abb.10 Wieser, Bernhard; Fotografie, Kuchl, 2010: Messung der Wassermenge mittels Fass, Fassungsvermögen 200 l.
- Abb.11 Wieser, Bernhard; Fotografie, Kuchl, 2010: Messung der Wassermenge mittels Eimer, Fassungsvermögen 10 l.
- Abb.12 Wieser, Bernhard; Aufzeichnung, Kuchl, 2010: Grafische Darstellung Jahresganglinie der Loherquelle im Zeitraum 11.2009 bis 10.2010
- Abb.13 Vermessung der Bruttofallhöhe in Längsrichtung, Fa. ISF Julius Welser Str. 15 A-5020 Salzburg, Projektplannummer 201, Ausfertigung B, am 04.08.2010



- Abb.14    Detaillageplan Kleinkraftwerk, Fa. ISF Julius Welser Str. 15 A-5020 Salzburg, Projektplannummer 102, Ausfertigung B, vom 04.08.2010.
- Abb.15    Wieser, Bernhard; Fotografie, Kuchl, 2010: Eine von vier Einzelquellen zur geplanten Nutzung zur Wasserkraft
- Abb.16    Wieser, Bernhard; Aufzeichnung, Kuchl, 2010: Grafische Darstellung Jahresdauerlinie der Loherquelle im Zeitraum 11.2009 bis 10.2010
- Abb.17    [www.microhydropower.net](http://www.microhydropower.net), Wirkungsgradverlauf bei 3-teiliger Ansteuerung, verfügbar am 20.11.2010
- Abb.18    [www.maurelma.ch/durchström turbine](http://www.maurelma.ch/durchström_turbine), Prinzipieller Aufbau einer Durchströmturbine, verfügbar am 20.11.2010
- Abb.19    [www.kleinwasserkraft.de](http://www.kleinwasserkraft.de), Funktionsprinzip Turgoturbine im Schema, verfügbar am 10.12.2010
- Abb.20    [www.rs-saarburg.bildung-rp.de](http://www.rs-saarburg.bildung-rp.de), Verlauf des Relativen (spezifischen) Wirkungsgrades der Turgoturbine, verfügbar am 23.11.2010
- Abb.21    [www.maurelma.ch/tugo Jet](http://www.maurelma.ch/tugo_Jet), Vollautomatische Steuerung einer Düse an der Turgoturbine mittels axialer Verschiebung der Düsennadel, verfügbar am 21.11.2010

# 1 Einleitung

Die Errichtung und Betreibung eines Kleinwasserkraftwerks erfordert bereits in der Planungsphase fundierte Kenntnisse in den unterschiedlichsten ingenieurwissenschaftlichen Fachgebieten. Neben technischen, mathematischen und finanzwirtschaftlichen Aspekten müssen hierfür vorliegende Gesetze, ökologische Standards und eventuell auftretende gegensätzliche Interessen am Vorhaben Berücksichtigung finden.

Dieses Projekt hat zum Ziel, ein wirtschaftliches Betreiben eines Kleinwasserkraftwerkes an der Loherquelle in Kuchl bei Salzburg (Österreich), durch fundierte Vorbereitung und Planung zu ermöglichen, Problemstellen aufzuzeigen und Lösungsmöglichkeiten zu erarbeiten. In Fachkreisen ist häufig die Annahme anzutreffen, dass ein wirtschaftlich sinnvolles Betreiben bei einer derartigen Anlagengröße nicht möglich sei. Es sollte anhand dieses Praxisbeispiels gegenteiliges bewiesen werden.

Die Erzeugung elektrischen Stromes aus Wasserkraft bietet allgemein eine Reihe von Vorteilen gegenüber konkurrierenden, konventionellen Energieträgern für die Stromproduktion. Wasserkraft ist zumindest in geomorphologisch strukturierten und niederschlagsreichen Gegenden wie in Mitteleuropa meist regional erzeugbar und muss nicht von z.T. politisch unruhigen Drittstaaten importiert werden. Im Gegensatz zu ebenfalls regional verfügbaren Energieträgern wie Stein- oder Braunkohle produziert sie während dem Betrieb keinerlei Emissionen, giftige oder radioaktive Abfälle. Entscheidend ist weiters die nahezu konkurrenzlose Wirtschaftlichkeit, da sie meist kontinuierlich zur Verfügung steht, daher berechenbar und zuverlässig ist.

Mit kaum einem anderen Energieträger kann derart günstig Strom produziert werden. Da Wasser nicht als Energieträger abgebaut, veredelt, transportiert und entsorgt, sondern lediglich die Anlagentechnik für die Stromerzeugung vor Ort aufgebaut, installiert und betrieben werden muss.

## **1.1 Individuelle Motivationsfaktoren zur Errichtung**

Dieses Projekt resultiert grundsätzlich aus mehreren individuellen Motiven des Errichters heraus, welche sich in ihrem Ursprung sehr stark unterscheiden.

- Zum einen wurde bereits in historischer Zeit an der Loherquelle eine hofeigene Mühle mittels der zur Verfügung stehenden Wasserkraft betrieben. Nun sollte die potenzielle Energie des Wassers in elektrische Energie umgewandelt und als solche genutzt werden.
- Zum anderen könnte ein relativ hoher Grad an Unabhängigkeit in der eigenen Versorgung von elektrischem Strom und daher nahezu eine Autarkie erreicht werden, da dieses Quellwasser ganzjährig und kontinuierlich mit relativ geringen Schwankungen des Wasserdargebotes zur Verfügung steht.
- Weiters spielen idealistische Motive eine Rolle, Strom selbst zu erzeugen, zu verbrauchen und den sich ergebenden Überschuss zu verkaufen, da elektrischer Strom aus Wasserkraft im Vergleich zu anderen Energieträgern keinerlei schädliche Emissionen oder giftige Abfälle während dem Betrieb verursacht und auch die Errichtung mit herkömmlichen Bautechniken und unschädlichen Materialien möglich ist.
- Letztlich ist auch die Tatsache, dass durch ausreichende Planung und Projektierung ein wirtschaftliches Betreiben der Anlage möglich und daher Geld zu verdienen ist, Grund für eine Errichtung.

## **1.2 Voraussetzungen zur Errichtung eines Kleinwasserkraftwerkes**

Nicht an jeder Stelle kann ein Wasserkraftwerk errichten werden, da die hierfür nötigen Voraussetzungen nicht überall anzutreffen sind. Als Beispiel sei hier das ausreichend und möglichst konstant zur Verfügung stehende Wasser für ein wirtschaftliches Betreiben der Anlage genannt. In weiterer Folge ist die hierfür notwendige topografische und geologische Struktur des Standortes entscheidend für eine Errichtung. Auch die ökologische Situation im Umfeld ist ein entscheidender Faktor, wenn etwaige Schutz- oder Schongebiete von dem Vorhaben berührt würden.

Neben natürlichen sind aber auch rechtliche, politische oder soziale Voraussetzungen ausschlaggebend. Gerade bei eventuell auftretenden Interessenskonflikten zur Nutzung des vorhandenen Wassers müssen grundsätzliche Fragen vor größeren finanziellen Investitionen in das Projekt am besten im Vorfeld geklärt und Hindernisse beseitigt werden. Diese Fragen berühren z.B. die Interessen des Naturschutzes, des Gewässerschutzes und alternative Verwendungsmöglichkeiten des Wassers für die Trinkwasserversorgung oder der Bewässerung. Auch können Probleme bei Besitzverhältnissen zum Wassernutzungsrecht, des Fischereirechtes oder bei Interessen des Grundeigentümers, welche durchaus entgegen den Interessen des Errichters eines Kraftwerkes stehen können, auftreten. Diese Vielzahl an in ein solches Projekt wirkende Faktoren stellt Hürden für eine erfolgreiche Errichtung und Betreibung dar, die mit möglichst geringem finanziellen Aufwand gelöst werden müssen.

### **1.3 Definition von Kleinwasserkraft**

Die Kleinwasserkraft ist eine Form der Erzeugung elektrischen Stromes. Da sie als Energieträger nicht fossile oder radioaktiv strahlende Ressourcen verwendet, sondern die natürlich vorhandene potenzielle Energie von Wasser nutzt, wird sie als Wasserkraft bezeichnet. Ob eine Anlage zur Gewinnung elektrischen Stromes als Kleinwasserkraftanlage, mittlere Wasserkraftanlage oder Großwasserkraftanlage bezeichnet wird, hängt ausschließlich von deren Engpassleistung ab. Diese wird in KW (Kilowatt) bzw. MW (Megawatt) ausgewiesen. Abgestuft werden Wasserkraftwerksanlagen in Österreich bis zu einer maximalen Engpassleistung von 10 MW als „Kleinwasserkraftwerksanlage“ bezeichnet. Hierzu findet sich im österreichischen Gesetzestext folgende Definition:

*„Eine Kleinwasserkraftwerksanlage ist eine anerkannte Anlage auf Basis der erneuerbaren Energiequelle Wasserkraft mit einer Engpassleistung bis einschließlich 10 MW.“<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> BGBl - Novelle Nr. 105 (idF v. 27.06.2006), § 5 Abs.1 Pkt.16.

Mittlere Wasserkraftwerksanlagen sind folgendermaßen definiert:

*„Als Mittlere Wasserkraftwerksanlage wird eine anerkannte Anlage auf Basis der erneuerbaren Energiequelle Wasserkraft mit einer Engpassleistung von über 10 MW bis einschließlich 20 MW bezeichnet“<sup>2</sup>*

Wasserkraftwerke mit einer Engpassleistung ab 20 MW bezeichnet man als Großwasserkraftwerksanlagen.

Diese Abstufung ist international jedoch keineswegs einheitlich. Selbst innerhalb der europäischen Union findet sich keine einheitliche Abstufung der Leistungsabgabe ab wann eine Anlage als Kleinwasserkraftwerksanlage zu bezeichnen ist. Starke Abweichungen zur österreichischen Definition finden sich an den Beispielen Schweden, wo Anlagen bis zu einer maximalen Engpassleistung von 1,5 MW als Kleinwasserkraftwerksanlagen bezeichnet werden, oder in China, wo selbst Anlagen mit bis zu 25 MW als solche gelten.<sup>3</sup>

### **Engpassleistung:**

Die Engpassleistung ist in der Elektrizitätswirtschaft eine der wichtigsten Kenngrößen einer technischen Anlage zur Erzeugung von Strom. Sie quantifiziert die Anlage in ihrer Größenordnung zur Leistungsabgabe und stellt neben anderen Kenngrößen den entscheidenden Faktor für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit des gesamten Systems dar. Auch für die Berechnung der Höhe von etwaigen Investitionsförderungen findet diese Kenngröße Anwendung. In der Literatur wird die Engpassleistung folgendermaßen definiert:

*„Die durch den leistungsschwächsten Teil begrenzte, höchstmögliche elektrische Dauerleistung der gesamten Erzeugungsanlage mit allen Maschinensätzen“<sup>4</sup>*

Da diese maximal erreichbare Dauerleistung durch den leistungsschwächsten Anlagenteil, dem so genannten Engpass begrenzt wird, wird diese daher als Engpassleistung bezeichnet.

---

<sup>2</sup> BGBl. Novelle Nr. 105 (idF v. 26.06.2006), § 5 Abs.1 Pkt. 20.

<sup>3</sup> Vgl. [www.kleinwasserkraft.at](http://www.kleinwasserkraft.at), Zahlen & Fakten, vom 18.10.2010.

<sup>4</sup> BGBl. Novelle Nr. 105 (idF v. 26.06.2006), § 5 Abs.1 Pkt. 10.

## **2 Projektplanung zur Errichtung eines Kleinwasserkraftwerkes**

Die Projektplanung hat zum Ziel, eine aussagekräftige Grundlage für eine Investitionsentscheidung in das Kraftwerk zu bilden. Deshalb müssen, soweit möglich, sämtliche Aspekte, welche maßgeblichen Einfluss auf dieses haben in der Planungsphase systematisch analysiert und bewertet werden. Abschließend fließen diese in einer finalen Gesamtbewertung für das weitere Vorgehen zum Projekt zusammen.

Folgende Themen müssen hierfür behandelt werden:

- Die rechtliche Situation
- Ökologische Situation
- Geomorphologie des Standortes
- Energetisches Potenzial des Quellwassers und Hydrografische Situation
- Technische Auslegung der Wasserkraftanlage
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Gesamtbewertung des Projektes

In der Betrachtung der rechtlichen Situation werden die aktuellen Verhältnisse der Nutzungsrechte der betroffenen Grundstücke und des hierfür zu verwendenden Wassers bewertet und mögliche rechtliche Interessenskonflikte erörtert. Verordnungen und Schutzbestimmungen sowie notwendige zu erlangende, da für das Vorhaben ausständige Wassernutzungsrechte und Zustimmungserklärungen werden betrachtet. Auch hierfür zu überwindende behördliche Verwaltungsverfahren werden beleuchtet.

Bei der Analyse der ökologischen Situation wird der aktuelle Zustand des betroffenen ökologischen Systems in Form einer hydrobiologischen Darstellung beschrieben und weiters mit dem Zustand nach der Errichtung des Kleinwasserkraftwerkes verglichen. Es werden ökologische Vorteile im Falle einer Errichtung der Anlage mit den ökologischen Nachteilen aufgrund des örtlichen Eingriffs in die Natur gegenübergestellt um daraus mögliche naturschutzrechtlich geforderte, kompensatorische Maßnahmen in Form von Ausgleichsmaßnahmen vorzuschlagen und anbieten zu können.

Die Geomorphologie des Standortes wird durch die Beschreibung im Projektgebiet liegenden geologischen Strukturen und Schichten des Untergrundes definiert. Dessen Tauglichkeit bzw. Wirkungen auf die Wasserqualität und -Quantität sowie auf die Errichtung des Kleinwasserkraftwerkes werden erörtert. Die geologischen als auch die orologischen Gegebenheiten vor Ort werden in Form von Kartenauszügen und Höhenverhältnissen beschrieben.

Im Kapitel „Energetisches Potenzial des Quellwassers“ wird anhand der Wassermengenaufzeichnungen und Vermessungen der Höhenverhältnisse mittels geeigneter Berechnungsmethoden und mit Rücksichtnahmen auf die Ökologie und Hydrologie des Quellflures das energetische Potenzial des Quellwassers für die Erzeugung des zu generierenden elektrischen Stromes berechnet. Die Kenngröße des energetischen Potenzials ist Basis für eine anschließende technische Auslegung elektromechanischer Anlagen. In der Betrachtung der hydrologischen Situation werden der Aufbau und die Art der Quelle dargestellt. Die im Jahresverlauf austretenden Schüttungsmengen werden in Form einer Jahresganglinie und einer Jahresdauerlinie beschrieben und grafisch visualisiert. Auch wird die Erhebungsmethode zur Messung der Schüttungsmengen beschrieben.

Das Kapitel „Technische Auslegung der Wasserkraftanlage“ beschreibt und berücksichtigt alle für die Errichtung notwendigen Einzelbauten, deren hydrodynamischen, mechanischen bzw. elektrischen Wirkungsgrade und stellt in Form von Berechnungen einen Gesamtwirkungsgrad des Kleinwasserkraftwerkes auf.

Anhand der technischen Auslegung werden in weiterer Folge sämtliche für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung notwendige Kenngrößen errechnet und dargestellt.

Im Kapitel „Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ wird anhand vorliegender Daten die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens analysiert, die neben den Ausgaben und Einnahmen der Anlage auch die gesetzlichen Besteuerungen und Förderungen berücksichtigt. Die Investitionskosten und Betriebskosten werden den Einsparungen und Einnahmen aus der Produktion des Stromes gegenübergestellt.

Alternative Verwendungsmöglichkeiten des Stromes sowie die zur Verfügung stehenden Alternativen der Projektfinanzierung werden in einer Berechnung der Wirtschaftlichkeit miteinander verglichen.

Im abschließenden Kapitel wird eine Gesamtbewertung des Projektes durchgeführt. Eine finale Stellungnahme zur Sinnhaftigkeit einer Investition in das Projekt wird abgegeben.



## 2.1 Rechtliche Situation

Am Beginn planerischer Tätigkeiten für die Nutzung der Energie aus Wasserkraft steht die Frage der vorliegenden Nutzungsrechte des hierfür zu verwendenden Wassers. Auch die Besitzverhältnisse des vom Bauvorhaben betroffenen Grund und Bodens müssen berücksichtigt werden. Das Projekt kann nur realisiert werden, wenn sämtliche hierfür zu erlangenden Nutzungsrechte vorliegen und vom Vorhaben betroffene Rechte Dritter berücksichtigt sind. Die Errichtung eines derartigen Kleinwasserkraftwerkes könnte letztlich nicht nur an einer möglichen Unwirtschaftlichkeit oder an technischen bzw. natürlichen Problemen scheitern, sondern auch dann, wenn nicht sämtliche notwendige Rechte vorliegen. Entgegen allgemeiner Annahme stellen nicht organisatorische, finanzielle oder technische Hindernisse das größte Problem für eine erfolgreiche Umsetzung eines solchen Projektes dar, sondern bürokratische Hürden zur Erlangung der hierfür erforderlichen Rechte!

Somit sind eine genaue Analyse der rechtlichen Situation und die im Anschluss durchzuführende Gegenüberstellung zu den erlangenden Rechten Grundvoraussetzung für einen positiven weiteren Verlauf.

Im ersten Teil steht die Erhebung der aktuellen Rechtsverhältnisse. Hierbei wird eine kurze Darstellung der historischen Eigentumsverhältnisse der Quelle und alle vorliegenden betroffenen Nutzungsrechte und Besitzverhältnisse analysiert und dadurch der Ist-Zustand der Rechtslage dargestellt. Wichtig dabei ist, bereits hier lückenlos Klarheit zu schaffen. Dies kann in der Regel nur gelingen, wenn man sich in dieser Phase des Projektes ausreichend von behördlicher Seite informieren und mit aktuellen Daten und Karten versorgen lässt.

Im zweiten Teil werden alle zu erlangenden Rechte für das Projekt erörtert und somit ein rechtlicher Soll-Zustand beschrieben. Darin sind auch untergeordnete Rechte die dennoch allesamt berücksichtigt werden müssen integriert. Auch hier sind behördliche Informationen unumgänglich. Eine Vielzahl von Gesetzen, Vorschriften, Auflagen und Beschränkungen müssen berücksichtigt werden. Auftretende rechtliche Interessenkonflikte werden aufgezeigt und die hierfür notwendigen möglichen Lösungen dargestellt. Abschließend werden die zu überwindenden behördlichen Verwaltungsverfahren geschildert.

### 2.1.1 Rechtlicher Ist-Zustand

Seit mehreren Jahrhunderten stehen die Wassernutzungsrechte der Loherquelle dem landwirtschaftlichen Betrieb Lohergut in Form eines Mühlwasserrechtes zu. Dies bedeutet, dass die vom Quellaustritt bis zur Einmündung in einen Wildbach zur Verfügung stehende Höhendifferenz als auch die vorhandene Wassermenge uneingeschränkt zum Antrieb mechanischer Anlagen ganzjährig genutzt werden kann. In vergangener Zeit wurde dieses Potenzial zum Antrieb einer Mühle verwendet. Diese ist im Katasterplan noch heute unter der Grundstücksparzelle Nr. 159 eingetragen. In den 1950er-Jahren wurde die Mühle aufgrund der allgemeinen fortschreitenden Technologisierung stillgelegt und dem Verfall überlassen.



Abb.1 Reste der zerfallenen Mühle an der Loherquelle Grundbuch Nr. 159

Althergebrachte Nutzungsrechte dieser Art können bei einer über 30-jährigen Nicht-inanspruchnahme verfallen. Einer Aufforderung seitens der Wasserrechtsbehörde Salzburg im Jahre 1994 eine Verlängerung des Wassernutzungsrechtes der Loherquelle in Form von „Mühlwasser“ zu beantragen, da dieses ansonst verfallen würde, wurde nicht in der vorgegebenen Frist nachgekommen. Dieses Wassernutzungsrecht wurde dem Lohergut entzogen und aus dem Wasserbuch des Landes Salzburg entfernt.

### **2.1.1.1 Bestehende Rechte an der Quelle zur Trinkwasserversorgung**

Seit 1974 wird ein Bruchteil des Quellwassers (0,3 l/sec.) anderwärtig als Trinkwasser genutzt. Damit werden ein Gasthaus sowie weitere Einfamilienhäuser mit einem täglichen Nutzungsrecht von 25.000 Liter Wasser versorgt. Hierzu besteht ein entsprechendes Recht, welches im Wasserbuch des Landes Salzburg eingetragen ist.

Im Jahre 2001 erschloss die Wassergenossenschaft Kuchl, welche aus über 1600 Mitgliedern besteht, die Quelle mit einer weiteren Nutzung von 4 l/sec. zur Trinkwasserversorgung. Rechtlich ist dies bis zum Jahre 2060 abgesichert. In diesem Fall wurde die Erlangung einer Wasserrechtlichen Genehmigung zur Nutzung seitens der Behörden erheblich erschwert. Zum nachhaltigen Schutz der Qualität des Trinkwassers wurde eine Vielzahl von Verordnungen und im Speziellen ein eigens geschaffenes Landesgesetzblatt erlassen. Dies erweist sich für eine Erlangung eines Wassernutzungsrechtes zur Nutzung des Wassers zur Energieerzeugung als eine der größten rechtlichen Hürden des Projektes.

Verordnungen zum Schutz des Trinkwassers der Loherquelle sind:

- Ausweisung eines großflächigen Wasserschongebietes
- Ausweisung eines Wasserschutzgebietes (Schutzzone 2)
- Ausweisung eines engeren Wasserschutzgebietes (Schutzzone1)
- Verordnungen zur Errichtung und Instandhaltung der Quelfassung nach Stand der Technik
- Verordnungen zur regelmäßigen Prüfung und Dokumentation der Wasserqualität in bakteriologischer Hinsicht
- Verordnungen zur regelmäßigen Prüfung und Dokumentation der Wasserqualität in chemisch-physikalischer Hinsicht

### Großflächiges Wasserschongebiet:

Das großflächige Wasserschongebiet wurde in Form einer amtlichen Wasserschongebietsverordnung bestimmt. Insgesamt umfasst dieses Gebiet eine Fläche von etwa 20 ha, entsprechend 0,20 km<sup>2</sup>. Darin werden Auflagen im beschriebenen Gebiet ausgesprochen. Neben dem Verbot von Rodungen größer 0,5 ha oder der Lagerung und Verwendung von wassergefährdenden Stoffen gemäß § 31a Abs. 1 WRG 1959 sind dies projektrelevante Auflagen und bedürfen einer wasserrechtlichen Bewilligung.

*„Die Vornahme von Bodeneingriffen aller Art wie z.B. Grabungen, Bohrungen oder Pilotierungen, wenn diese in eine Tiefe von mehr als 1,50 m reichen oder wenn diese eine Gesamtfläche von mehr als 200 m<sup>2</sup> aufweisen und zumindest in diesem Ausmaß eine Tiefe von mehr als 1,00 m erreichen.“<sup>6</sup>*

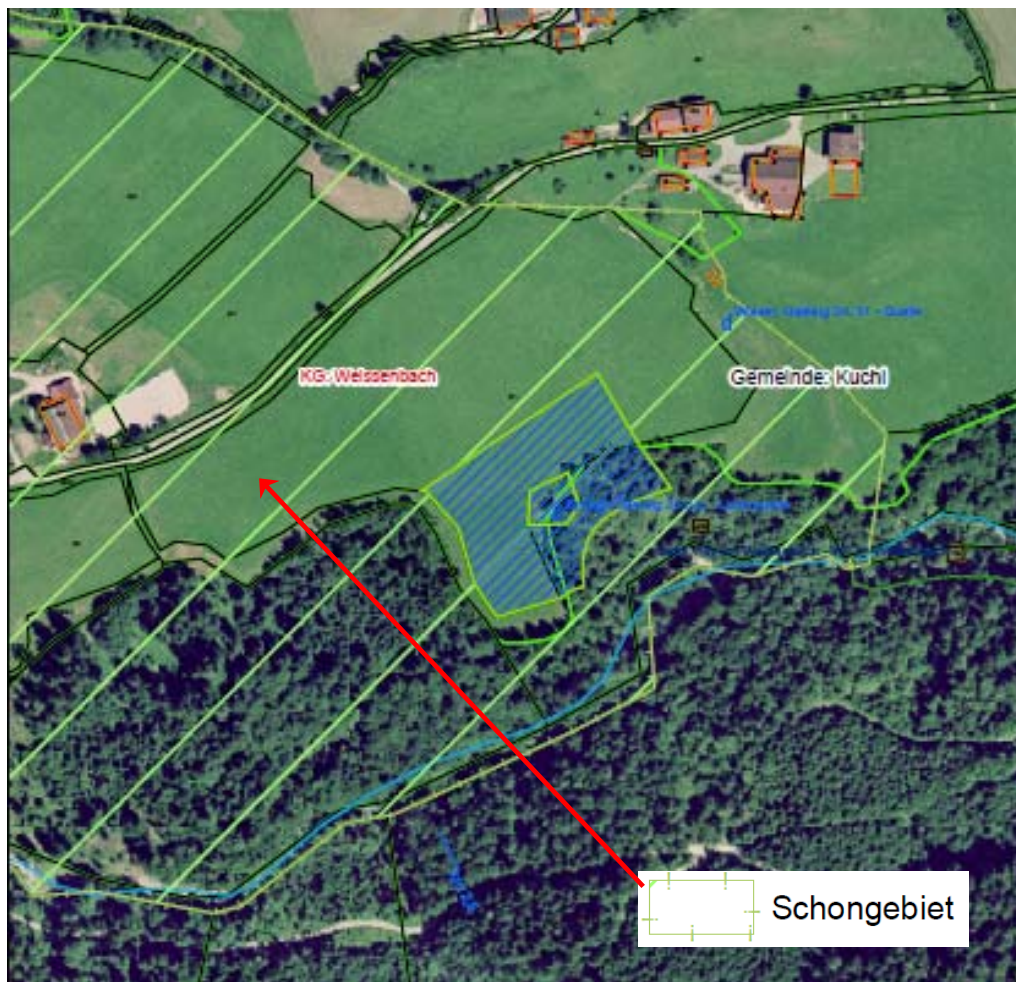


Abb.2 Auszug aus Wasserbuch/WIS, [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Katastralgemeinde Weißenbach, Detail Wasserschongebiet Loherquelle, vom 20.10.2010



## Wasserschutzgebiet (Schutzzone 2)

Zum Schutz der Qualität und Quantität der von der Wassergenossenschaft Kuchl entnommenen Wassermenge aus der Loherquelle auf Grundstücksnummer 569/1, Katastralgemeinde Weißenbach, wurde folgendes Wasserschutzgebiet durch die sanitätspolizeiliche Amtssachverständige, den wasserbautechnischen Amtssachverständigen sowie des geologischen Amtssachverständigen ausgewiesen:

*„Die Schutzzone 2 umfasst einen Teil der oberhalb der Loherquelle anschließenden Wiesenfläche sowie den Böschungsbereich an welchem die benachbarten Quellwässer zu Tage treten. Die bergseitige Begrenzungslinie der Schutzzone 2 verläuft 50 m bergseitig der Quellfassung in einem rechten Winkel zur Hangfalllinie, die seitlichen Begrenzungslinien folgen der Hangfalllinie in einem jeweiligen Abstand von 80 m von der Quellfassung entfernt. An der Unterseite wird die Schutzzone 2 durch die Höhenschichtlinie begrenzt, die ca. 10 m unterhalb der Quellfassung verläuft.“<sup>6</sup>*

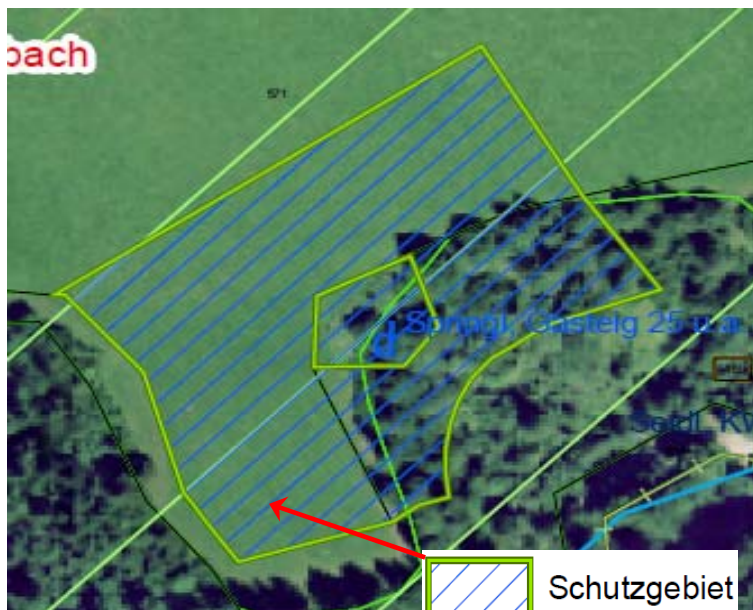


Abb.3 Auszug aus Wasserbuch/WIS, [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Katastralgemeinde Weißenbach, Wasserschutzgebiet Loherquelle Schutzzone 2, vom 20.10.2010

<sup>5</sup> LGBL - 5.Verordnung der Landeshauptfrau (idF v. 22.12.2005), § 3 Pkt. 1.

<sup>6</sup> Bescheid Wasserrechtliche Bewilligung Zahl 1/01-332/366-2001 (idF v. 08.02.2001), S. 9, Ausweisung eines Schongebietes.

Innerhalb der Schutzzone 2 gelten folgende Verbote:<sup>7</sup>

- Die Vornahme von Grabungen, Bohrungen oder sonstiger Bodeneingriffe, ausgenommen jener, die der Wasserversorgung dienen
- Die Errichtung ober- und unterirdischer Bauten aller Art
- Beweidung und Düngung
- Die Verwendung, Lagerung oder Leitung von wassergefährdenden Stoffen, im Sinne des § 31 a WRG 1959 idgF.

### Engeres Wasserschutzgebiet (Schutzzone 1)

Im unmittelbaren Bereich der Quellschüttung wurde das flächenmäßige Wasserschutzgebiet in eine weitere Zone, die Schutzzone 1, geteilt.

*„Die Schutzzone 1 umfasst den unmittelbaren Fassungsbereich, wobei die bergseitige Begrenzung der Schutzzone durch die markante Geländekante oberhalb der Quelfassung dargestellt wird. Die untere bzw. die seitlichen Begrenzungslinien der Schutzzone 1 verlaufen in einem Abstand von rund 5 bis 10 m von der Quelfassung entfernt.“<sup>8</sup>*

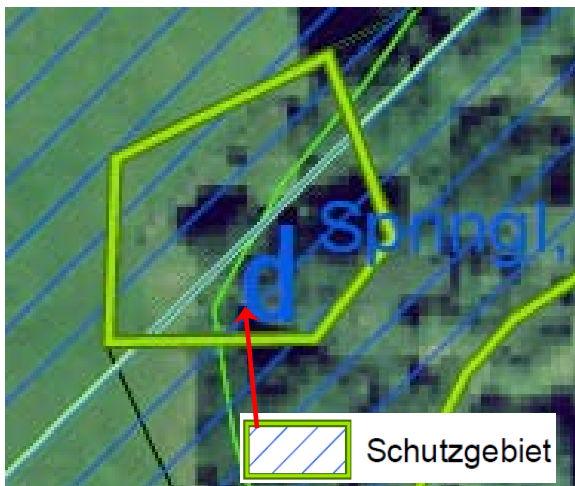


Abb.4 Auszug aus Wasserbuch/WIS, [www.salzburg.gv.at/Landkarten](http://www.salzburg.gv.at/Landkarten), Katastralgemeinde Weißenbach, Detail Wasserschutzgebiet Loherquelle Schutzzone 1

<sup>7</sup> Vgl. ebd., S. 10, Schutzgebietsauflagen

<sup>8</sup> Bescheid Wasserrechtliche Bewilligung Zahl 1/01-332/366-2001 (idF v. 08.02.2001), S. 9.

Innerhalb der Schutzzone 1 gelten folgende Verbote:<sup>9</sup>

- Des Betreten durch Unbefugte
- Die Vornahme von Grabungen, Bohrungen oder sonstiger Bodeneingriffe, ausgenommen jener, die der Wasserversorgung dienen
- Die Errichtung ober- und unterirdischer Bauten aller Art
- Beweidung und Düngung
- Die Verwendung, Lagerung oder Leitung von wassergefährdenden Stoffen, im Sinne des § 31 a WRG 1959 idgF.

#### **2.1.1.2 Bestehende Rechte an der Quelle für den Fischereibetrieb**

Die Quelle befindet sich im Einzugsgebiet des Weißenbaches. Nach Aufnahme weiterer Quellaustritte vereinigt sich das Quellwasser zu einem Quellbach. Dieser verläuft etwa 200 m parallel zum Weißenbach und mündet schließlich in diesen ein. Grundsätzlich bestehen neben den Nutzungsrechten eines Teiles der Schüttungsmenge der Quelle zur Versorgung mit Trinkwasser auch Fischereirechte.

Diese Fischereirechte bestehen am Weißenbach sowie am Quellbach. Für eine Wasserentnahme von den Fischwässern sind von den jeweiligen Projektanten entsprechende Entschädigungszahlungen an den Fischereiberechtigten zu leisten.

Die Höhe dieser Leistungen errechnet sich aus Faktoren der entnommenen Wassermenge im Verhältnis zur gesamten Wassermenge, der jährlichen Entnahmedauer, sowie der von der Entnahme betroffenen Strecke des Fischwassers. Lt. Definition des Salzburger Fischereigesetzes werden Fischwasser wie folgt definiert:

*„Das Fischwasser ist ein natürliches oder künstliches Gerinne, dass der Beschaffenheit nach für die dauerhafte Ausübung der Fischerei geeignet ist.“<sup>10</sup>*

Das hier auf natürlichem Weg abfließende Wasser fällt über Stock und Stein ab, bevor es in den Quellbach einmündet. Steil abfallendes Wasser ist der Beschaffenheit nach nicht für den Fischereibetrieb geeignet.

---

<sup>9</sup> Vgl. ebd., S. 10, Schutzgebietsauflagen.

Im Falle des Projektes dieses Kleinwasserkraftwerkes werden diese Fischereirechte in keiner Weise berührt! Die Entnahme des Wassers sollte direkt an den Austritten der Quellen erfolgen. Das gesamte abgearbeitete Wasser sollte direkt vor dem Quellbach in unmittelbarer Stelle der Mühlruine zurückgeleitet werden. In der Entnahmestrecke der Druckwasserleitung werden somit keine bestehenden Fischereirechte berührt und es bedarf keiner Zustimmung des Fischereiberechtigten des Weißenbaches und des Quellbaches.

#### **2.1.1.3 Aktuelle Besitzverhältnisse aller vom Bauvorhaben betroffenen Grundstücke**

Die Errichtung einer solchen technischen Anlage bedarf der Nutzung und Inanspruchnahme von Grund und Boden. Neben der Schaffung von Quellfassung, Sammelbehältern, Druckleitung und Kraftwerkshaus ist auch die Abführung des zu erzeugenden Stromes mittels eines Erdkabels zum Hof erforderlich. Sämtliche Tätigkeiten zur Errichtung bedürfen Grabungsarbeiten, Betonierarbeiten und dem hierfür notwendigen Bauverkehr. Da nach Bauabschluss die gesamten Anlagenteile auf diverse Grundstücke verteilt errichtet sind, bedarf es lt. Gesetz der Zustimmung sämtlicher Eigentümer dieser Grundstücke.

#### **Von den Quellfassungen und des Sammelschachtes berührte Grundstücke:**

Sämtliche für die Wasserkraftwerksnutzung geplanten Quellen treten innerhalb einer einzigen Grundstückparzelle aus. Hierbei handelt es sich um das im Katasterplan der Katastralgemeinde Weißenbach eingezeichnete Grundstück mit der Nummer 569/1. Dies ist als Waldgebiet eingezeichnet.

Eigentümer dieses Grundstückes ist in diesem Fall Herr Rupert Wieser. Da er selbst Projektant des geplanten Wasserkraftwerkes ist, werden keine fremden Grundstücke berührt und somit sind keine Zustimmungserklärungen von fremden Grundstückseigentümern erforderlich.

---

<sup>10</sup> [http://www.fischereiverband.at/html/FG\\_NeueBestimmungen.htm](http://www.fischereiverband.at/html/FG_NeueBestimmungen.htm), Fischwasser, vom 23.10.2010



### **Von der Druckleitungstrasse und des Kraftwerkshauses berührte Grundstücke:**

Die Trasse der Druckleitung als auch der geplante Standort des Kraftwerkshauses befinden sich innerhalb eines Grundstückes. Dies ist als Waldgebiet im Katasterplan der Katastralgemeinde Weißenbach eingezeichnet.

Hierbei handelt es sich um das Grundstück mit der Nummer 569/1. Eigentümer dieses Grundstückes ist Herr Rupert Wieser. Da dieser selbst Projektant des geplanten Wasserkraftwerkes ist, werden keine fremden Grundstücke berührt.

### **Von der Stromableitung mittels Erdkabel berührte Grundstücke:**

Die Stromableitung vom Kraftwerk erfolgt mittels eines Erdkabels. Dieses muss vom Kraftwerk bis zum Loherhof auf einer Länge von 330 m unter die Erde gesetzt werden. Das Erdkabel wird über die kürzeste Strecke verlegt und berührt das Grundstück 569/1, welches als Waldgebiet eingezeichnet ist. In weiterer Folge das Grundstück 579/1, welches als landwirtschaftliche Nutzfläche (Grünland) eingetragen ist.

Eigentümer dieser Grundstücke ist ebenfalls Herr Rupert Wieser. Da dieser selbst Projektant des geplanten Wasserkraftwerkes ist, werden auch hier keine fremden Grundstücke berührt.

Sämtliche Grundstücke, an denen die Kraftwerkskomponenten errichtet und betrieben werden sollen, befinden sich im Besitz des Kraftwerksprojektanten. Grundstück-bezogene Verhandlungen, Verträge und Zustimmungserklärungen Fremder sind somit gänzlich für eine Errichtung nicht erforderlich!

#### **2.1.2 Rechtlicher Soll-Zustand**

Da der Projektant bereits Inhaber sämtlicher vom Projekt berührter Grundstücke ist, ist eine nicht unwesentliche Zahl an Kriterien erfüllt, und ein gewisses Konfliktpotenzial ausgeschlossen. Daneben sind allerdings auch alle erforderlichen Rechte zur Nutzung des Wassers und zum Betreiben der Anlage zu erlangen.

## Wassernutzungsrecht

An der Loherquelle bestehen bisher lediglich Wassernutzungsrechte zur Trinkwasserversorgung. Jede weitere Nutzung bedarf einer Genehmigung seitens der Wasserrechtsbehörde auf Bezirksebene. Diese ist mittels „Ansuchens um eine wasserrechtliche Bewilligung“ einzubringen. Berücksichtigt sind hierbei eine Vielzahl von Forderungen und Bedingungen welche vollständig erfüllt und den Ansprüchen des § 103 WRG Abs. 1 a-h entsprechen müssen.<sup>11</sup>

Diese sind:

- Darstellung des Zweckes der Anlage
- Kurzbeschreibung der geographischen, topographischen und hydrologischen Situation des Anlagenstandortes
- Angabe der allgemeinen Lage- und Höhenverhältnisse
- Das zu nutzende Gewässer und der Größe des Einzugsgebietes
- Angabe der hydrologischen Basisdaten in Form einer Jahresganglinie und einer Jahresdauerlinie der Abflüsse
- Generelle Beschreibung der Wasserkraftanlage (Wasserfassung, allenfalls Speicher, Triebwasserweg, Wasserschloss, Krafthaus mit maschineller Ausstattung, Wasserrückgabe)
- Angabe der Kenndaten (Ausbaudurchfluss, Bruttofallhöhe, Nettofallhöhe, Turbinenleistung, Generatorleistung, Jahresenergieerzeugung) und Vorschlag des in die Entnahmestrecke abzugebenden Dotierwassers
- Detailbeschreibungen aller technischen Komponenten und Angabe deren Materialien
- Hydraulische Vorbemessung von Wasserfassung, Entkieser und Triebwasserweg.
- Statische Vorbemessung für Druckleitungen
- Verzeichnis und Auflistung aller berührten Grundstücke und deren Eigentümer
- Verzeichnis aller Wasserbenutzungsberechtigten, der Fischereiberechtigten, Einforstungsberechtigten und sonstigen Personen, deren Rechte durch das beabsichtigte Bauvorhaben berührt werden
- Vorlage von allfälligen vertraglichen Vereinbarung und Zustimmungserklärungen

- Übersichtsplan Maßstab min. 1:10 000
- Lageplan der Anlage
- Darstellung der gesamten Anlage in einem Plan, aus dem der Gewässerlauf, die projektsrelevanten Geländebeziehungen und eventuell auch die betroffenen Grundstücke hervorgehen
- Katasterplan
- Längenprofil in geeignetem Höhen-Längen-Verhältnis
- Detailpläne im Maßstab 1:100 bis 1:50

### **Berührung fremder Rechte:**

Die Fassung der für das Wasserkraftwerk benötigten Quellen, die Fassung des Überlaufes der Trinkwasserquelle sowie der Sammelbehälter befinden sich lt. Plan innerhalb der Schutzzone 2. Nach aktueller Rechtslage sind sämtliche Grabungsarbeiten sowie die Errichtung von ober- und unterirdischen Bauten, außer die, die der Trinkwasserversorgung dienen, untersagt. Daher bedarf es einer Änderung der Rechtslage der Schutzzone 2 in Form einer Ausnahmegenehmigung. Darin muss vorgesehen sein, dass die zur Wasserfassung und -Ableitung benötigten Grabungs- und Bauarbeiten der in der Schutzzone 2 befindenden Kraftwerksteile im notwendigen Ausmaß durchgeführt werden dürfen. Auch die für den Betrieb der Anlage erforderlichen Instandhaltungsmaßnahmen müssen zulässig sein. Über diese Ausnahmegenehmigung hinaus ist eine schriftliche Zustimmungserklärung zu den Baumaßnahmen durch den Obmann der Wassergenossenschaft Kuchl mit Unterschrift zu leisten.

---

<sup>11</sup> Vgl. Wasserrechtsgesetz WRG-1959 (idF BGBl. I Nr. 82/2003), § 103 Abs.1 Pkt a-h.

## **Elektrizitätsrecht:**

Zur Genehmigung von Anlagen zur Erzeugung elektrischer Energie ist im Allgemeinen ein Bewilligungsansuchen bzw. eine Anzeige der Anlage erforderlich. Hierzu sind nachstehende Unterlagen in mehrfacher Ausfertigung an die zuständige Behörde zu richten.<sup>12</sup>

- Technischer Bericht

Technischer Bericht mit Angaben über Bezeichnung, Standort, Zweck, Umfang, Betriebsweise und technischer Ausführung der geplanten Erzeugungsanlage, insbesondere über Antriebsart, Leistungsausmaß, Stromart, Frequenz und Maschinenspannung

- Entsprechende Bau- und Schaltpläne

- Kopie der Katastralmappe

Kopie der Katastralmappe, aus der der Standort der Erzeugungsanlage einschließlich der Nebenanlagen, die betroffenen Grundstücke mit ihren Parzellennummern, die Ausweisungen für das betreffende Gebiet im Flächenwidmungsplan und nach den Verhältnissen in der Natur die Bau-, Wald-, Gewässer- und Verkehrsflächen (Straßen, Wege, Eisenbahnen einschließlich Seilbahnen, Seilwege, etc.) ersichtlich sind.

- Verzeichnisse

Verzeichnis der durch das Projekt berührten fremden Anlagen mit Namen und Anschriften der Eigentümer oder der zuständigen Verwaltungen.

Verzeichnis der in Anspruch zu nehmenden Zwangsrechte sowie der davon betroffenen Grundstücke mit Katastral- und Grundbuchsbezeichnung samt Einlagezahl, Namen und Anschriften der grundbücherlichen Eigentümer und der daran sonst dinglich Berechtigten unter kurzer Angabe ihrer Berechtigung sowie des beanspruchten öffentlichen Gutes unter Angabe der zuständigen Verwaltungen.

Das Landeselektrizitätsgesetz LEG Salzburg berücksichtigt allerdings die Größenverhältnisse des Leistungsvermögens einer Anlage und grenzt mit abnehmender Größe die erforderlichen Unterlagen und Angaben zum Bewilligungsverfahren ein.

So sind nach § 45 Abs. 1 Landeselektrizitätsgesetz 1999 – LEG, LGBl Nr. 75/1999 idF LGBl Nr. 18/2006 die Errichtung oder Erweiterung von Anlagen mit einer installierten Leistung (Engpassleistung) von mehr als 200 KW bewilligungspflichtig.<sup>13</sup>

Anzeigespflichtig nach § 45 Abs. 2 LEG ist die Errichtung oder Erweiterung von Anlagen mit einer installierten Leistung von mehr als 10 KW und höchstens 200 KW. Anlagen bis zu einer installierten Leistung (Engpassleistung) von 10 KW sind elektrizitätsrechtlich weder anzeige- noch bewilligungspflichtig.<sup>14</sup>

Für das Vorhaben ist diese Definition im Landesgesetz elektrizitätsrechtlich entscheidend! Aufgrund der Berechnung der Anlagengröße (siehe Kapitel 2.4 Energetisches Potenzial des Quellwassers), welche eine maximale Engpassleistung von deutlich unter 10 KW angibt, ist das Projekt elektrizitätsrechtlich weder bewilligungs- noch anzeigespflichtig.

---

<sup>12</sup> Vgl. Salzburger Landeselektrizitätsgesetz LEG-1999 (idf v. 27.04.2009), § 46.

<sup>13</sup> Vgl. ebd., § 45 Abs. 1.

<sup>14</sup> Vgl. ebd., § 45 Abs. 2.

## Naturschutzrecht und Gewässerschutzrecht

Im Zuge von geplanten Projekten, welche sich auf die ökologische Qualität, Quantität und Vitalität von Gewässern auswirken, spielen naturschutzrechtliche und gewässerschutzrechtliche Bestimmungen seitens des Gesetzgebers eine immer größer werdende Rolle. Aus Sicht des Gewässerzustandes ist grundsätzlich der natürliche Zustand des Gewässers der Maßstab, an welchem von Menschhand bedingte Veränderungen als Maß der Abweichung vom Urzustand gemessen werden. Im Rahmen eines gewässerschutzrechtlichen Bewilligungsverfahrens ist eine Vorläufige Überprüfung des Projektes erforderlich. Dies wird gemäß § 104 des Wasserrechtsgesetzes WRG 1959, durchgeführt und bewertet. Das Projekt muss lt. § 103, Abs. 1 Pkt. a - h eingereicht werden. Einer wasserrechtlichen Nutzung kann nur zugestimmt werden, wenn die sich hieraus ergebenden naturschutzrechtlichen und gewässerschutzrechtlichen Bestimmung erfüllt sind.

Damit wird die Einhaltung des Verbesserungsgebotes und des Verschlechterungsverbotes nach den §§ 30 a, 30 b, WRG 1959 für Maßnahmen am und im Gewässer verbindlich und bedeutet einen die Wirtschaftlichkeit eines Kleinwasserkraftwerkes belastenden Faktor!

Das Verbesserungsgebot nach § 30, Abs. 1, WRG 1959, bedeutet, dass ein Wasserkörper oder der genutzte Gewässerabschnitt, der keinen guten Zustand oder kein gutes ökologisches Potential aufweist, nur dann weiter genutzt werden darf, wenn mit dieser Nutzung der jeweils gute Zustand erreicht werden kann. Andernfalls ist um eine Ausnahmegenehmigung anzusuchen.

Das Verschlechterungsverbot nach § 30, Abs. 1, WRG 1959, bedeutet, dass keine Verschlechterung des aktuellen Zustandes eines Gewässers durch das geplante Vorhaben eintreten darf, wenn das Vorhaben ohne Ausnahmegenehmigung nach § 104 a bewilligt werden soll. Praktisch bedeutet dies, dass ein Oberflächengewässer in sehr gutem ökologischen Zustand durch eine Wasserentnahme von mehr als 20 % des Jahreswasserdargebotes sicherlich eine mehr als geringfügige anthropogene, also von Menschenhand erzeugte Änderung seiner hydromorphologischen Qualitätskomponenten erfährt, welche auf die biologischen Qualitätskomponenten mehr als sehr geringfügige qualitative und quantitative Auswirkungen zeigt.

Es ist davon auszugehen, dass das geplante Kleinwasserkraftwerk an der Loherquelle aufgrund einer Nutzung von etwa 50% des insgesamt im Quellflur vorhandenen Wasserdargebotes eine Verschlechterung des Gewässers nach § 30 darstellt. Bei sehr gutem Zustand weist der jeweilige Gewässertyp keine oder nur sehr geringfügige anthropogene Änderungen der Werte für die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten auf. Die notwendige Beweisführung zum Erlangen dieser Ausnahmegenehmigung ist aufwändig.<sup>15</sup>

Diese führt vielfach letzten Endes dazu, dass vorerst als wirtschaftlich berechnete Projekte aufgrund einer Vielzahl von Auflagen zum Natur- und Gewässerschutz nicht verwirklicht werden können. Unter Berücksichtigung der hierfür zu tätigenden baulichen Investitionen, die nicht selten weit über die Verhältnismäßigkeit gegenüber die tatsächlichen Eingriffe in die Natur hinaus vorgeschrieben werden, kann sich das Projekt in Summe als nicht wirtschaftlich erweisen. Gerade Kleinanlagen mit relativ niedrigen Stromerträgen sind hinsichtlich ungeplanter Zusatzinvestitionen für natur- und gewässerschutzrechtliche Maßnahmen gefährdet, dadurch unwirtschaftlich zu werden. Solche seitens der Naturschutzbehörde vorgeschriebenen Maßnahmen werden als Kompensationsmaßnahmen bezeichnet. Diese haben den Zweck, Schäden an der Umwelt, welche durch die Errichtung des Kleinwasserkraftwerkes dauerhaft erzeugt werden, anderwärtig entsprechend dem Verschlechterungsverbot zu kompensieren. Um also eine Naturschutzrechtliche und gewässerschutzrechtliche Bewilligung zu erhalten, sind sinnvolle Vorschläge zu Kompensationsmaßnahmen auszuarbeiten. Sie sollten vorrangig Sinn für den Umweltschutz machen, als auch von möglichst geringen finanziellen Aufwänden begleitet sein.

## **Gewerbe- und Baurecht**

Für die Errichtung des Wasserspeichers als auch des Kraftwerkshauses ist das Gewerbe- und Baurecht zu berücksichtigen. Entsprechend Gewerbeordnung 1994 ist eine baurechtliche Bewilligung erforderlich, da lt. § 74 Abs. 2 sowohl Nachbarn nach Definition §75 Abs. 2 von dem Bauvorhaben betroffen und negativ beeinträchtigt werden könnten (in diesem Fall per Definition die Wassergenossenschaft Kuchl), als

---

<sup>15</sup> Vgl. Wasserrechtsgesetz WRG-1959 (idF BGBl. I Nr. 82/2003), § 30 Abs. 1.

auch eine nachteilige Einwirkung auf die Beschaffenheit eines Gewässers herbeigeführt würde.<sup>16</sup> Im Falle einer nachteiligen Einwirkung auf ein Gewässer wird in diesem Fall auf die erforderliche wasserrechtliche Bewilligung verwiesen. Unabhängig der wasserrechtlichen Bewilligung ist es aufgrund der baulichen Größenordnung möglich, ein vereinfachtes Baugenehmigungsverfahren nach dem Baupolizeigesetz 1997 BauPolG. anzustreben.<sup>17</sup>

### **Sonstige zu berücksichtigenden Gesetze**

Von untergeordneter Bedeutung aber dennoch mit zu berücksichtigen sind weitere Gesetze die im Rahmen von Wasserkraftanlagen in der Regel eine Rolle spielen. Diese sind in diesem Fall wegen der Besitzverhältnisse sowie der Auslegung der geplanten Wasserkraftanlage allerdings nicht weiter projektentscheidend.

Das Forstgesetz schreibt vor, dass im Zuge von Rodungen ab einer Größe von 1000 m<sup>2</sup> eine behördliche Bewilligung vorliegen muss.<sup>18</sup> Sämtliche Anlagenteile mit Ausnahme des zur Stromabführung zu verlegenden Erdkabels befinden sich lt. Grundbuch der Katastralgemeinde Weißenbach in einem Waldgebiet, Grundstücksparzellennummer 569/1. Zur Errichtung dieser Anlagenteile ist eine für die Bauphase zeitlich begrenzte Rodung von 740 m<sup>2</sup> vorgesehen. Nach der Errichtung werden davon etwa 700 m<sup>2</sup> wieder aufgeforstet. Es ist lt. Forstgesetz keine behördliche Bewilligung oder Anzeige dieser Rodung der Druckleitungstrasse erforderlich, da diese eine Fläche von weniger als 1000 m<sup>2</sup> betrifft und nur von temporärem Charakter ist.

---

<sup>16</sup> Vgl. Österreichische Bundesgewerbeordnung GewO-1994 (idF v. 10.1997), § 74 Abs.1 Pkt. 2 u. 5.

<sup>17</sup> Vgl. Salzburger Baupolizeigesetz BauPolG-1997 (idF v. 11.10.2006), § 10 Abs.1 Pkt. 1.

<sup>18</sup> Vgl. Österreichisches Bundesforstgesetz BFG-1975 (idF v. 30.11.2010), § 17a Abs.1 Pkt. 1.



## 2.2 Berücksichtigung ökologischer Aspekte

Die Loherquelle entspringt auf der Grundparzelle Nr. 569/1, Katastralgemeinde Weissenbach, etwas unterhalb einer ca. 45° steilen und 17 m hohen Geländeböschung. Umliegend der Hauptschüttung treten auf einer Breite von insgesamt etwa 100 m weitere Wasseraustritte aus den sandig-kiesigen Sedimenten auf selber Höhe unterhalb der Böschungskante aus. Die einzelnen Wasseraustritte vereinigen sich mehr und mehr zu einem Quellbach, der zunächst parallel zum Weissenbach abfließt und nach etwa 150 m dem Weißenbach zuströmt. Bis zum Quellbach umfasst dieses Gebiet eine Fläche von über 5000 m<sup>2</sup> und wird in der Fachsprache als Quellflur bezeichnet.

*„Quellflure: Bereiche, die von dem zu Tage tretenden Wasser geprägt sind und eine dafür typische Vegetation aufweisen.“<sup>19</sup>*



Abb.5 Ökologischer Zustand des Quellflurs an der Loherquelle

<sup>19</sup> Salzburger Naturschutzgesetz NSchG-1999 (idF. v. 30.11.2010), § 5 Pkt. 26.

### 2.2.1 Ökologischer Zustand des Quellflures

Der gesamte Quellflur wird durch eine Vielzahl mehr oder weniger großer Einzelquellen vollständig und ganzjährig durchtränkt. Dieser Zustand führt dazu, dass sich in diesem Gebiet eine relativ hohe Artenvielfalt entwickeln konnte.

Die Flora umfasst vielerlei Moose, Flechten, Kräuter und andere Pflanzenarten. Unberührte, freie Wasseraustritte sind oftmals mit Quelltuffen und Quellmoosen verbunden. Die hier wachsenden Bäume sind auffällig häufig von Pilzen, Moosen und Flechten befallen und eher kleinwüchsig. Die flachen Stellen des Quellflurs unterhalb der Böschung und vor dem Eintritt in den Quellbach sind von sumpftartiger Natur und äußerst artenreich bewachsen. Die Fauna beherbergt eine auffallend hohe Zahl an Insekten und Amphibien. Vor allem Schlangen, Frösche und Feuersalamander sind stets innerhalb kurzer Zeit auffindbar.

Doch sind diese Quellen und der Quellflur nicht gänzlich vom Menschen unberührt und daher anthropogen beeinflusst. Ein Teil des austretenden Quellwassers speist einen bereits vorhandenen Quellsammelschacht zur Trinkwasserversorgung, der in die Böschungskante eingebettet ist. Die Quelle wurde bereits 1972 gefasst. Ein Teil dieses Wassers wird über eine hydromechanische Pumpe, welche separat montiert ist, abgepumpt. Der Rest läuft pumpenlos durch natürliches Gefälle über eine Wasserdruckleitung ab. Diese Leitung ist einen Meter in die Erde versenkt und ebenfalls quer durch den Quellflur geführt. Dabei hat die Natur in relativ kurzer Zeit die hier getätigten Eingriffe in Form von Grabungsarbeiten verkraftet. Heute ist äußerlich die Lage der Trassenführung nicht festzustellen und vollständig von der Vegetation verwachsen. Neben der Nutzung zur Trinkwasserversorgung finden auch regelmäßig andere Eingriffe in das Gebiet statt. Der größte Teil des Quellflures ist durchwegs bewaldet und wird entsprechend intensiv forstwirtschaftlich genutzt. Auch führt ein Forstweg zum Zweck der forstlichen Bewirtschaftung etwa 50 m in das Gebiet. Im Zuge dieser Nutzung kommt es daher immer wieder zu teilweisen Zerstörungen der bewachsenen Stellen, die unvermeidbar sind.

Der Zustand des Quellflurs kann im Allgemeinen als gut beurteilt werden. Aufgrund der anthropogenen Beeinflussung allerdings nicht als sehr gut. Generell ist eine Bewertung einer derart komplexen Thematik von vielen subjektiven Einflüssen geprägt. Projekte, vor allem jene, die der Energieerzeugung dienen sollen, müssen naturschutzrechtlich bewilligt werden. Daher wird vor einer Genehmigung der ökologische Zustand des vom Bauvorhaben beeinflussten Gebietes bewertet und klassifiziert. Dies versucht der Gesetzgeber mit einer Reihe von Gesetzen zu ermöglichen, die im Bundesland Salzburg im Naturschutzgesetz 1999 – NSchG zusammengefasst sind.

Es besteht in Österreich per Gesetz ein öffentliches Interesse am Schutz der Natur. Daher ist bei jedem Projekt das in die Natur eingreift, eine Abwägung dieses öffentlichen Interesses mit dem Einzelinteresse des Projektanten durchzuführen. Im NSchG heißt es hierzu unter § 3a Interessensabwägung:

*„Bei der Anwendung dieses Gesetzes und der aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Verordnungen ist davon auszugehen, dass dem öffentlichen Interesse am Naturschutz der Vorrang gegenüber allen anderen Interessen eingeräumt werden kann.“<sup>20</sup>*

Diese klare Definition eines vorhandenen öffentlichen Interesses stellt eine entscheidende rechtliche Hürde für die Verwirklichung eines Kraftwerkes an hiervon als sensibel betrachteten Lebensräumen dar!

Nach Maßgabe dieser Bestimmungen gelten im NSchG 1999, unter § 24, Abs.1 als geschützt:<sup>21</sup>

- a) *„Moore, Sümpfe, Quellfluren, Bruch- und Galeriewälder und sonstige Begleithölze an fließenden und stehenden Gewässern.*
- b) *Oberirdische fließende Gewässer einschließlich ihrer gestauten Bereiche und Hochwasserabflussgebiete.*

---

<sup>20</sup> Salzburger Naturschutzgesetz NSchG-1999 (idF v. 30.11.2010), § 3a Abs.1.

<sup>21</sup> Vgl. ebd., § 24 Abs.1.

- c) *mindestens 20 und höchstens 2.000 m<sup>2</sup> große oberirdische, natürliche oder naturnahe stehende Gewässer einschließlich ihrer Uferbereiche und der Schilf- und Röhrichtzonen.*
- d) *Feuchtwiesen sowie Trocken- und Magerstandorte, wenn deren Fläche jeweils 2.000 m<sup>2</sup> übersteigt; bei der Flächenberechnung sind solche Teilflächen, die nur durch schmale lineare Strukturen wie z.B. Gräben, Wege, Bäche geteilt sind, als ein Lebensraum zu werten.*
- e) *Das alpine Ödland einschließlich der Gletscher und deren Umfeld.“*

Zum Schutz der unter dem § 24, Abs. 1 beschriebenen Gebiete ist jeder Eingriff in diese, welcher über üblichen land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen hinausgeht seitens der Landesumweltanwaltschaft zu bewerten. Sichergestellt wird diese Bestimmung mittels Landesgesetz:

*„Maßnahmen, die Eingriffe in diese Lebensräume bewirken können, sind nur mit naturschutzbehördlicher Bewilligung zulässig.“<sup>22</sup>*

### **2.2.2 Ausgleichsmaßnahmen**

Eine solche Bewilligung ist aufgrund des Umstandes, dass das Kraftwerk innerhalb eines geschützten Lebensraumes errichtet werden soll nicht ohne Auflagen und Forderungen der Umweltanwaltschaft möglich. Es besteht in diesem Fall die Möglichkeit, dass dennoch eine Bewilligung erteilt wird, wenn im Zuge des Bewilligungsverfahrens Ausgleichsmaßnahmen vom Projektanten vorgeschlagen werden. Diese Maßnahmen, welche auch als Kompensationsmaßnahmen bezeichnet werden, müssen allerdings als solche seitens der Naturschutzbehörde anerkannt werden. Ausgleichsmaßnahmen müssen Mindestanforderungen für den Nutzen an der Natur erfüllen. Angerechnet können solche nur werden, wenn eine überprüfbare und wesentliche Verbesserung des Landschaftsbildes oder des Naturhaushaltes bewirkt werden kann. Weiters ist Voraussetzung, dass diese in Summe einen deutlich höheren

---

<sup>22</sup> Salzburger Naturschutzgesetz NSchG-1999 (idF v. 30.11.2010), § 24 Abs. 3.

Mehrwert für die Natur im Gegensatz zu der Entwertung der ökologischen Verhältnisse vor Ort aufgrund der Kraftwerkserrichtung haben müssen. Im Zusammenhang mit solchen Projekten und den dazu umzusetzenden Kompensationsmaßnahmen gilt daher das so genannte Verbesserungsgebot.<sup>23</sup>

Im Vorfeld eines Bewilligungsverfahrens sollte daher vom Projektanten überlegt werden, welche Ausgleichsmaßnahmen im Umfeld des geplanten Kraftwerkes möglich sind und ob diese nach den gesetzlichen Vorschriften angerechnet werden können. Darüber hinaus ist ebenfalls zu berücksichtigen, dass jede Maßnahme grundsätzlich auch von Kosten begleitet ist und daher die Wirtschaftlichkeit der Anlage negativ beeinflussen. Es werden auf Basis dieser Grundsätze Kompensationsmaßnahmen vorgeschlagen, die im Verhältnis zu dem geplanten Kleinwasserkraftwerk stehen, und auch für die Natur als sinnvoll erscheinen. In Summe dürften aus subjektiver Sicht die vorgeschlagenen Kompensationsmaßnahmen die negativen Auswirkungen deutlich übersteigen. Als solche werden der Naturschutzbehörde konkret angeboten:

- Es wäre möglich, den größten Teil des vorhandenen Quellwassers zu fassen und dieses der Stromproduktion zuzuführen und dabei die gesetzlich vorgeschriebene Mindestmenge von Wasser, das so genannte Dotierwasser dauerhaft abzuführen. Dabei müssten über 14 Einzelquellen gefasst und das Wasser zusammengeleitet werden. Daher wird vorgeschlagen, auf dieses Vorgehen zu verzichten und lediglich 4 Einzelquellen, die 50% des Wassers der gesamten Fächerquelle spenden, für die Stromerzeugung zu verwenden und 10 Einzelquellen unberührt zu belassen. Hierbei besteht der Vorteil für den Quellflur, dass lediglich 15% der Fläche im Zuge der Bauarbeiten berührt werden.
- Im Quellflur befinden sich nicht mehr genutzte Altleitungen, welche der Ableitung von Trinkwasser dienten. Im Zuge der Errichtung der Druckleitung wird angeboten, diese Altleitungen, da sich diese unmittelbar in der Nähe der geplanten Druckleitungstrasse befinden, zu entfernen.
- Unmittelbar neben dem Quellflur wurde in der Vergangenheit bis in die 1970er-Jahre Müll abgelagert. Die Ablagerung erfolgte ohne behördliche Ge-

---

<sup>23</sup> Vgl. ebd., § 51 Abs.1-3.



nehmigungen. Solche Deponien werden heute als Altlasten bezeichnet. Die Entfernung von Altlasten wird seitens der Salzburger Umweltbehörde gefördert, ist jedoch nicht gesetzlich vorgeschrieben. Es wird als eine mögliche Kompensationsmaßnahme angeboten, diese auf Kosten des Projektanten zu entsorgen.

- In einer Entfernung von etwa 200 Meter von der Quelle wurde in den 1980ern ein etwa 2000 m<sup>2</sup> großes Sumpfgebiet mittels Drainagerohre trockengelegt. Dies ist lt. gültigem Gesetz bis 5000 m<sup>2</sup> ohne behördliche Genehmigung legal. Es wird angeboten, die Entwässerungsrohre zu entfernen um das Gebiet erneut versumpfen zu lassen. Dadurch würde in kurzer Zeit das Sumpfgebiet wieder neu entstehen.
- Aufgrund der erneuten Versumpfung dieser Ausgleichsfläche würde die bisher stattfindende konventionelle landwirtschaftliche Nutzung deutlich erschwert. Daher wird darüber hinaus angeboten den Sumpf in den Katasterplan der Naturschutzgebiete des Landes Salzburg als Biotop eintragen zu lassen. Eine intensive Nutzung wäre nicht mehr zulässig. Stattdessen würden Einschränkungen wie zum Beispiel eine einjährige Mahd der Fläche frühestens ab 01. September jeden Jahres vorgeschrieben.



Abb.6 Ausgleichsfläche für kompensatorische Maßnahmen

## 2.3 Geomorphologie des Standortes

Für eine Errichtung einer technischen Anlage ist es wichtig, sich einen Überblick über die Verhältnisse des Untergrundes und den geomorphologischen Gegebenheiten vom Standort zu verschaffen. Vor allem bei wasserbautechnischen Anlagen, die in von Wasser beeinflussten und durchtränkten Gebiete eingreifen ist dies notwendig. Zwei bestimmende Teilbereiche der Geomorphologie sind im Zusammenhang dieses Projektes näher zu betrachten. Dies sind die Geologie und die Orographie. Die Kenntnis dieser Daten ist eine Voraussetzung für eine sinnvolle Planung der jeweiligen Standorte der technischen Anlagenteile sowie des Trassenverlaufes von Druckleitung und Stromkabel.

### Begriffsbestimmung der Geomorphologie

*„Die Geomorphologie ist die Wissenschaft von den Formen der Erdoberfläche und den sie beeinflussenden Kräften.“<sup>24</sup>*

#### 2.3.1 Geologische Situation

Die Loherquelle entspringt am oberen Ende an der ca. 1:1 geneigten Einhangsfläche des Weißenbachs auf einer Seehöhe von 650 m. Wenige Meter oberhalb der Quelle setzt eine markante, landwirtschaftlich genutzte Verebnungsfläche an. Diese Fläche ist Teil eines zusammenhängenden Schwemmfächerablagerungskegels des Sulzbaches. Für die Quelle und die beständige Schüttungsmenge des Wassers hat dieser erhebliche Bedeutung, da er in seinem Aufbau besondere Eigenschaft hat. Als maßgeblicher Grundwasserleiter sind die sandig bis kiesigen Ablagerungen dieses Schwemmfächers zu nennen. Als Grundwasserstauer fungiert undurchlässige Grundmoräne, die dazu führt, dass das Grundwasser knapp unter der Geländekante zum Weißenbach hinab schichtquellartig zu Tage tritt. Das Einzugsgebiet der Loherquelle wird seitlich durch die Berandung des Schwemmfächers begrenzt. Hier wer-

---

<sup>24</sup> [Duden - Deutsches Universalwörterbuch](#), 6., überarbeitete Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag 2007.

den diese gut durchlässigen Sande und Kiese durch dichtere Moränensedimente abgelöst.

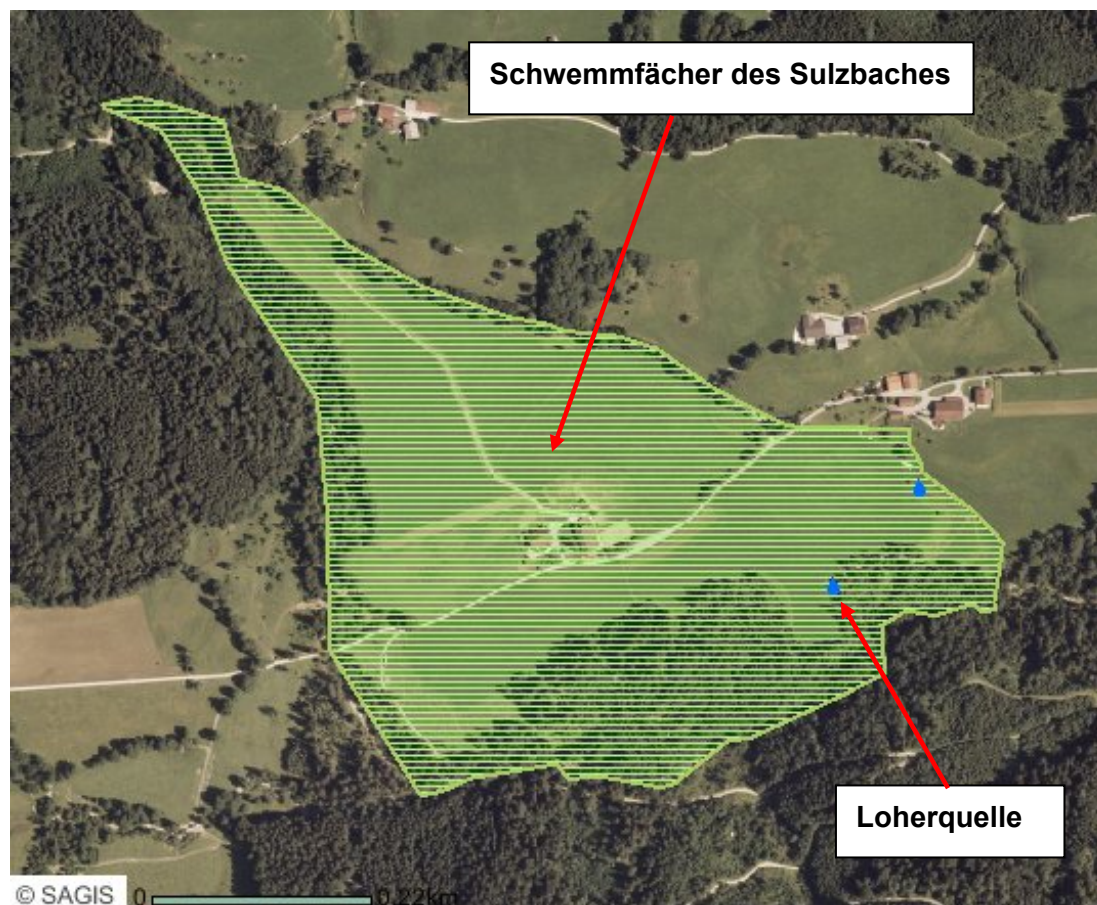


Abb.7 Schwemmfächer des Sulzbaches

Wegen der gegebenen Verhältnisse kann der Schwemmfächer des Sulzgrabens mit einer Fläche von etwa 0,2 km<sup>2</sup> als unmittelbares Einzugsgebiet der Loherquelle angenommen werden. Es kann weiters davon ausgegangen werden, dass die Schwemmaglagerungen von lehmigen Grundwasserdeckschichten abgedeckt werden, die eine Besondere Qualität des Wassers als sichere Trinkwasserquelle ermöglichen. Der Untergrund des Quellflures wiedergibt geologisch einen Querschnitt dieses Schichtaufbaues. Diese Lehm- Sand- und Kiesschichten werden bis auf die Höhe des Weißenbaches in einem Winkel von etwa 30° geschnitten. Der Untergrund stellt daher bautechnisch keinerlei Hindernisse für eine Errichtung der Wasserkraftanlage dar. Aufgrund des ausgewiesenen Quellschutzgebietes sind seitens der Wassergenossenschaft Kuchl im direkten Umfeld Spreng- und Schrämmarbeiten untersagt. Dies dürfte nicht notwendig sein, da der gesamte Untergrund aus bautechnisch leicht zu bearbeitendem Sand und Kies besteht.



### 2.3.2 Orographische Karte

Als einen Teilbereich der Geomorphologie sieht sich die Orographie. Sie beschäftigt sich mit der Darstellung der Höhenstrukturen und den Fließverhältnissen von Gewässern und wird als die beschreibende Darstellung der Erdoberfläche definiert.<sup>25</sup> In der orographischen Darstellung des betroffenen Gebietes wird mittels eingezeichneter Höhenschichtlinien und Gewässerläufen deutlich, wie sich der Schwemmfächer in seiner dreieckigen Form ausbildet. Am Ende dessen sind an der südlichen Seite steil abfallende Zonen zum Weißenbach hin durch eine deutliche Verengung der Höhenschichtlinien erkennbar. An dieser Übergangszone treten die Quellen (blau in Tropfenform eingezeichnet) zu Tage.

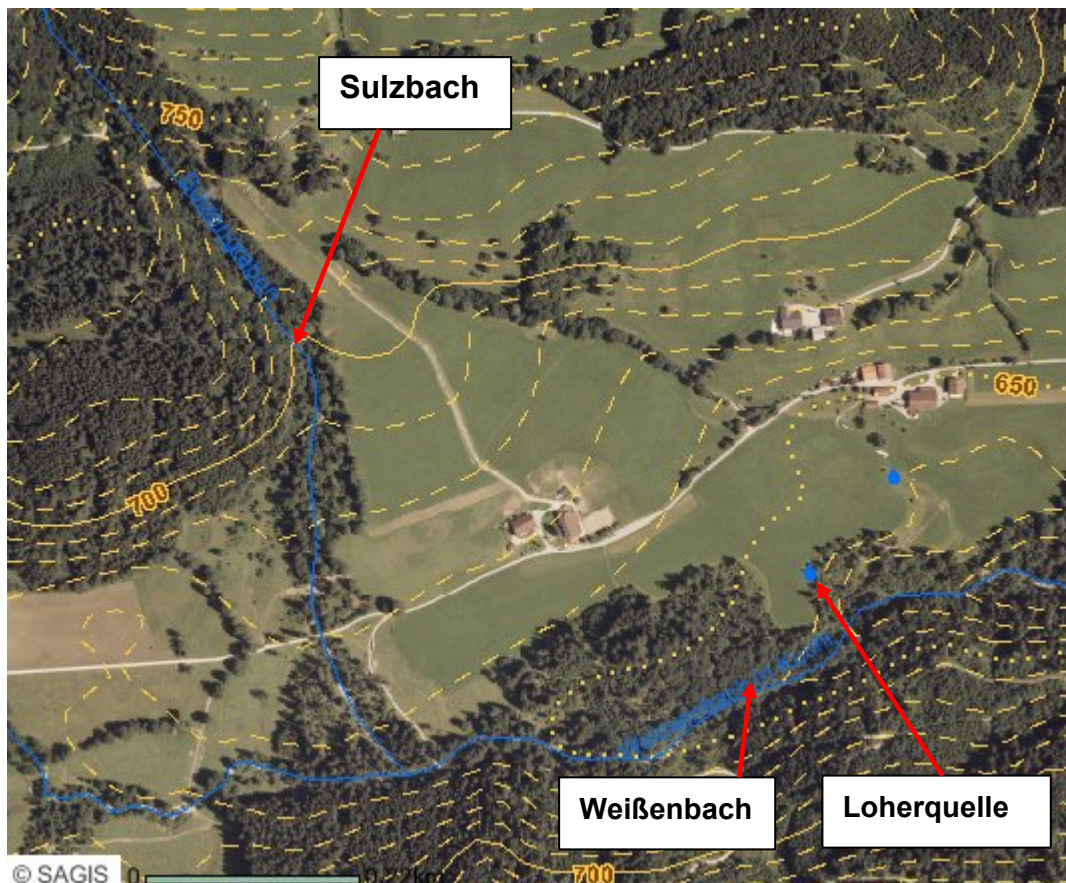


Abb.8 Orographische Darstellung des Quelleinzugsgebietes

<sup>25</sup> Vgl. [Duden - Deutsches Universalwörterbuch](#), 6., überarbeitete Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag 2007.

## **2.4 Energetisches Potenzial des Quellwassers**

### **2.4.1 Allgemeines**

Die Stromproduktion aus Wasserkraft hängt elementar vom zur Verfügung stehenden Wasser ab. Daher ist Strom aus Wasserkraft vor allem von den äußeren Umständen der Wassermenge abhängig. Die Wassermenge muss allerdings auch möglichst kontinuierlich und verlässlich ganzjährig nutzbar gemacht werden. Die Kenntnis zur hydrologischen Situation über den gesamten Verlauf der Wassermenge über einen langen Zeitraum ist entscheidend für jede weitere planerische Tätigkeit. Weiters müssen es die geomorphologischen Bedingungen am Standort zulassen, um für die Stromproduktion genügend Fallhöhe zu erreichen. Diese Fallhöhe soll maximal ausgenutzt werden um einen höchstmöglichen Druckaufbau zu gewährleisten. Nach Ermittlung dieser Daten kann das theoretische Wasserkraftpotenzial ermittelt werden. Hier bewusst noch nicht berücksichtigt werden bei der theoretischen Potenzialermittlung des Wassers die in der Anlagentechnik und statischen sowie dynamischen Hydraulik unvermeidbaren Verluste.

### **2.4.2 Hydrologische Situation an der Loherquelle**

In der Ermittlung des energetischen Potenzials der Wassermengen ist die erste Aufgabe die Verfügbarkeit des entsprechenden Wasserdangebotes zu untersuchen. Daher ist es unumgänglich, sich mit den hydrologischen Verhältnissen am Standort auseinanderzusetzen.

#### **Begriffsbestimmung der Hydrologie**

In der Literatur findet sich keine eindeutige Definition des Begriffes der Hydrologie. Es finden sich verschiedene Definitionen. Im Allgemeinen wird es als die Wissenschaft bezeichnet, die sich mit dem Wasser über, auf und unter der Landoberfläche der Erde, seinen Erscheinungsformen, Zirkulation und Verteilung in Raum und Zeit,

seinen biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften, seiner Reaktion mit der Umwelt, einschließlich seiner Beziehung zu Lebewesen befasst.<sup>26</sup>

## Das Quellsystem

Die hydrologischen Verhältnisse an der Loherquelle können insgesamt als sehr günstig bezeichnet werden. Die Gründe hierfür liegen neben den über das Jahr ausreichenden Niederschlägen am Standort vor allem an den geologischen Voraussetzungen. Da die Quelle aus einem Schwemmfächer aus erosionsbedingten Ablagerungen von Gesteinen entspringt, tritt sie nicht an einer einzigen Stelle, sondern auf einer Breite von etwa 100 m mit 14 Einzelquellen zu Tage. Diese Einzelquellen befinden sich orographisch auf selber Höhe und treten aus derselben wasserdurchlässigen Gesteinsschicht hervor. Dieser Quellentyp wird als Schichtquelle bezeichnet. Unter, sowie über dieser Schicht befinden sich wasserundurchlässige Gesteinsschichten.<sup>27</sup> Dieser Umstand ermöglicht es auch, dass sich in dieser Schicht ein sehr großer Wasserspeicher aufbaut. Der führt dazu, dass die Quelle extrem träge auf einzelne Wetterereignisse mit einer Änderung der Schüttungsmenge reagiert. Dies erweist sich für das Kraftwerksprojekt als grundsätzlich positiv, da die Anlage dadurch völlig frei jeder Gefahr eines Hochwasserereignisses ist.

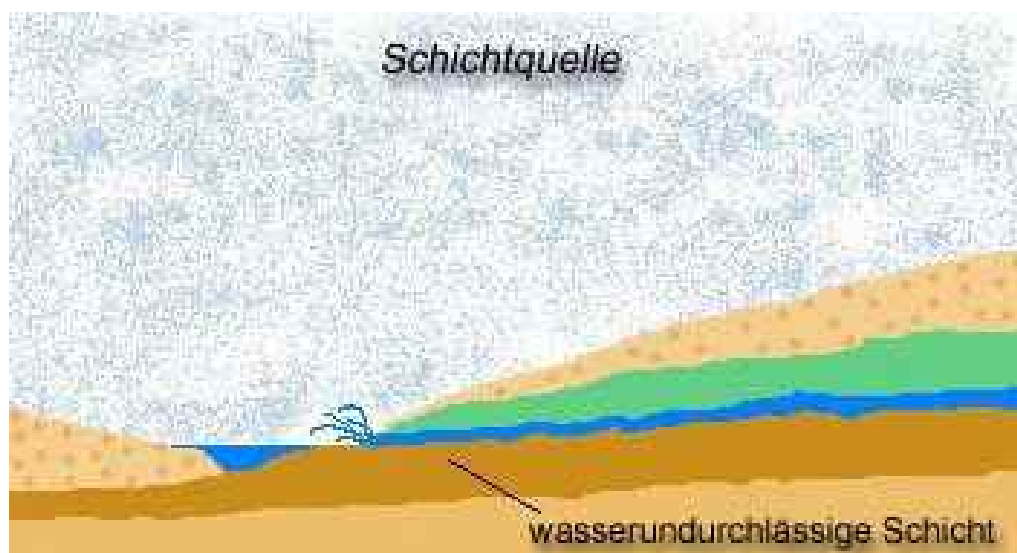


Abb.9 Schematische Darstellung eines Querschnitts einer Schichtquelle

<sup>26</sup> Vgl. [www.de.wikipedia.org](http://www.de.wikipedia.org), Hydrologie, vom 30.11.2010

<sup>27</sup> Vgl. [www.wwats.de/trinkwasser/versorgungstechnik\\_und\\_organisation/gewinnung](http://www.wwats.de/trinkwasser/versorgungstechnik_und_organisation/gewinnung), Wasserwirtschaftsamt Traunstein, Quellenarten, vom 30.11.2010

### **2.4.3 Ermittlung der hydrologischen und geomorphologischen Parameter**

#### **Ermittlung der hydrologischen Parameter**

Die im Jahresverlauf zur Verfügung stehende Wassermenge schwankt aufgrund der klimatischen und meteorologischen Verhältnisse zum Teil sehr stark. Sie kann an einem definierten Messpunkt, am besten direkt auf Höhe des Einlaufbauwerkes (Wasserentnahme aus Gewässer für Kraftwerk) auf unterschiedliche Art und Weise ermittelt werden. Je nach Wassermenge und Gewässer kann die jeweils optimale Vorgehensweise gewählt werden. Die Wassermenge wird üblicherweise in  $\text{m}^3/\text{sec.}$  oder bei geringen Wassermengen wie in diesem Fall in  $\text{l}/\text{sec.}$  angegeben. Als Arten der Ermittlung der Wassermenge sind unter anderem die Durchflussmessung oder die Verdünnungsmethode genannt. Bei der Durchflussmessung muss die Querschnittsfläche des fließenden Gewässers an der Messstelle ermittelt werden. In weiterer Folge wird auf der gesamten Breite an mehreren Stellen die Fließgeschwindigkeit eruiert. Abschließend wird mit geeigneten mathematischen Methoden die Wassermenge je Sekunde ausgerechnet. Die Verdünnungsmethode kann bei turbulenten Kleingewässern angewendet werden, wo eine Querschnittsberechnung des Gewässers schwer möglich ist. Dabei wird an einer bestimmten Stelle eine für solche Zwecke geeignete Chemikalie in den Fluss geschüttet. In einem definierten Abstand flussabwärts wird anhand von Wasserproben die nun vorliegende Konzentration der Chemikalie gemessen. Daraus kann auf die Durchflussmenge geschlossen werden.

Im konkreten Beispiel wird die Wassermenge durch eine „Ausliterung“ berechnet. Hierbei wird das Kleingewässer vollständig gefasst und in einer Rinne abgeleitet. Das Wasser wird in einen ausreichend großen Behälter mit bekanntem Fassungsvermögen geleitet. Dabei wird die Zeit gemessen, bis der Behälter vollständig mit dem zulaufenden Wasser gefüllt ist, siehe Folgeseite. Diese Messung wird drei Mal durchgeführt, der Durchschnittswert in  $\text{l}/\text{sec.}$  errechnet, und als Messergebnis dokumentiert. Die Schüttungsmengen sämtlicher 14 Einzelquellen wurden anhand dieser Methode ermittelt. Der Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Möglichkeit einer sehr genauen Messung der Wassermenge auf weniger als 1  $\text{l}/\text{sec.}$  genau.



## Veranschaulichung des Ausliterungsvorganges an zwei Beispielen



Abb.10 Messung der Schüttung in l/sec. mittels Fass, Fassungsvermögen 200 l.



Abb. 11 Messung der Wassermenge kleinerer Einzelquellen mittels Eimer, Fassungsvermögen 10 l.

Die für die technische Auslegung nötigen und zur Erlangung des Wassernutzungsrechtes geforderten hydrologischen Parameter sind:

- **Jahresganglinie**

Definition: Sie stellt die im Jahresablauf gemessenen Wassermengen auf Höhe des Einlaufbauwerkes in  $\text{m}^3/\text{sec.}$  oder bei kleineren Wassermengen in  $\text{l/sec.}$  grafisch dar. Dabei ist ein regelmäßiges Messintervall in möglichst kurzen Abständen am besten wöchentlich zu wählen. Dies ist völlig ausreichend und ermöglicht eine sinnvolle Auslegung der Wasserkraftanlage.

- **MQ**

Das Mittelwasser ist der arithmetische Mittelwert aller Schüttungsmengen in einer bestimmten anzugebenden Zeitspanne auf Höhe des Einlaufbauwerkes. Er ist in der Regel der Mittelwert der Mengen über den Zeitraum eines Jahres. Die Angabe erfolgt in diesem Fall in  $\text{l/sec.}$ <sup>28</sup>

- **MJNQ<sub>t</sub>**

Der Begriff MJNQ<sub>t</sub> stellt das arithmetische Mittel der Jahresniedrigstwerte des Durchflusses (auf Basis von Tagesmittel) im betrachteten Zeitraum dar. Dieser Wert wird auch als Dotierwasser bezeichnet.<sup>29</sup>

- **NQ<sub>t</sub>**

Der Begriff NQ<sub>t</sub> beschreibt das für die Erhaltung des ökologischen Zustands vorgeschriebene Restwasser, welches ungenutzt abströmen muss und wird hier als  $\text{l/sec.}$  angegeben. Die abzugebende Mindestwassermenge wird seitens der Naturschutzbehörde und der Landesstelle des hydrographischen Dienstes vorgegeben.<sup>30</sup>

- **Einfaches Abflussregime**

Das einfache Abflussregime stellt die jahresmaximale und die jahresminimale Schüttungsmenge in  $\text{l/sec.}$  auf Höhe des Einlaufbauwerkes graphisch mit Zu-

---

<sup>28</sup> Vgl. [www.kleinwasserkraft.at/FAQ](http://www.kleinwasserkraft.at/FAQ), Welche Abflussbegriffe gibt es, vom 30.11.2010

<sup>29</sup> Vgl. ebd., vom 16.11.2010

<sup>30</sup> Vgl. [www.salzburg.gv.at/Gewässerschutz](http://www.salzburg.gv.at/Gewässerschutz), Downloads Planungsbehelfe, vom 23.11.2010

ordnung zum jeweiligen Zeitpunkt dar. Ein zusätzlicher Kommentar zur Ursache dieser maximalen und minimalen Schüttungsmengen wie z.B. Lange Frostperiode oder Schneeschmelze sollte bei der Darstellung ergänzt werden. Extremereignisse wie 50-jährige oder 100-jährige Hochwasser werden hier ignoriert.

- **Flusskilometer**

Der Flusskilometer ist ein auf einer Dimension bestimmter Punkt oder Abschnitt der Strecke eines Flusses und wird in km angegeben.<sup>31</sup>

### **Dokumentation der Schüttungsmengen im Jahresverlauf**

Um eine passende hydraulische Ausrüstung zu wählen und das Potential des Standortes durch Berechnung der jährlichen Energieproduktion abzuschätzen, ist eine Jahresganglinie äußerst nützlich und auch als Teil der Einreichunterlagen für behördliche wasserrechtliche Bewilligungen vorgeschrieben. Eine Einzelmessung der Wassermenge zu einem zufälligen Zeitpunkt in einem Fließgewässer hat daher wenig Wert. In der folgenden Grafik der Jahresganglinie zur Loherquelle werden zwei unterschiedliche Schüttungsmengen in blauen und in grünen Balken dargestellt. Der Jahresverlauf der blauen Balken beschreibt die Summe aller Schüttungsmengen der 14 Einzelquellen, die in ihrer Gesamtheit als Fächerquelle auf einer Breite von etwa 100 Meter entlang der wasserdurchlässigen Gesteinsschicht austreten. Der Jahresverlauf der grünen Balken beschreibt die Summe der Schüttungsmengen jener 4 Einzelquellen daraus, die für die Nutzung zur Stromproduktion herangezogen werden sollen. Die im Jahr niedrigsten und höchsten gemessenen Schüttungsmengen werden hervorgehoben (Abflussregime). Nach längerer Frostperiode im Winter kann die Schüttungsmenge der gesamten Fächerquelle auf etwa 22 l/sec. absinken. Die für die Nutzung zu Wasserkraft gemessenen Einzelquellen in Summe auf 12 l/sec. Im Frühling bei Schneeschmelze sowie außerhalb der Winterzeit nach stärkeren Niederschlägen kann die gesamte Quelle auf über 67 l/sec. anschwellen. Die maximale Nutzungsmenge daraus würde an den 4 vorgesehenen Einzelquellen 32 l/sec. betragen.

---

<sup>31</sup> Vgl. [Duden - Deutsches Universalwörterbuch](#), 6., überarbeitete Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag 2007.

## Hydrologische Basisdaten: JAHRESGANGLINIE

Katastralgemeinde..... **KG Weissenbach 56229**

Grundstücksparzelle..... **569/1**

Teilwasserkörper Nr..... **an 301310001**

Bezeichnung Gewässer... **Loherquelle**

Grundeigentümer..... **Rupert Wieser, Gasteig 10, 5431 Kuchl**

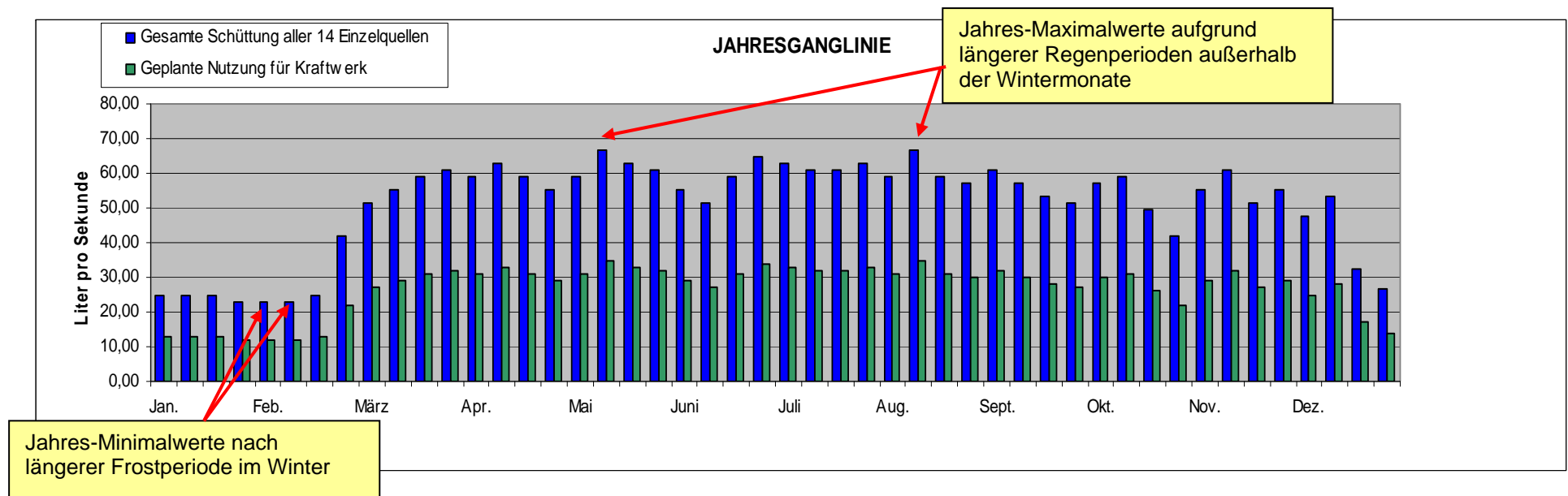


Abb.12 Grafische Darstellung Jahresganglinie der Loherquelle im Zeitraum 11.2009 bis 10.2010, Aufzeichnung Bernhard Wieser



## Ermittlung der geomorphologischen Parameter

Neben der über den Jahresverlauf zur Verfügung stehenden Wassermenge ist für eine Berechnung des Leitungsvermögens auch die nutzbare Höhendifferenz im Gelände zu ermitteln. Auszunutzen ist die gesamte Höhe von der Entnahmestelle des Wassers aus dem Gewässer bis zur Stelle der Rückführung. Die theoretisch maximale Höhendifferenz beider Punkte wird in der Wasserwirtschaft als die Bruttofallhöhe bezeichnet. Um die Fallhöhe zu ermitteln ist eine Vermessung in baulicher Längsrichtung notwendig, siehe Grafik Abb.13.

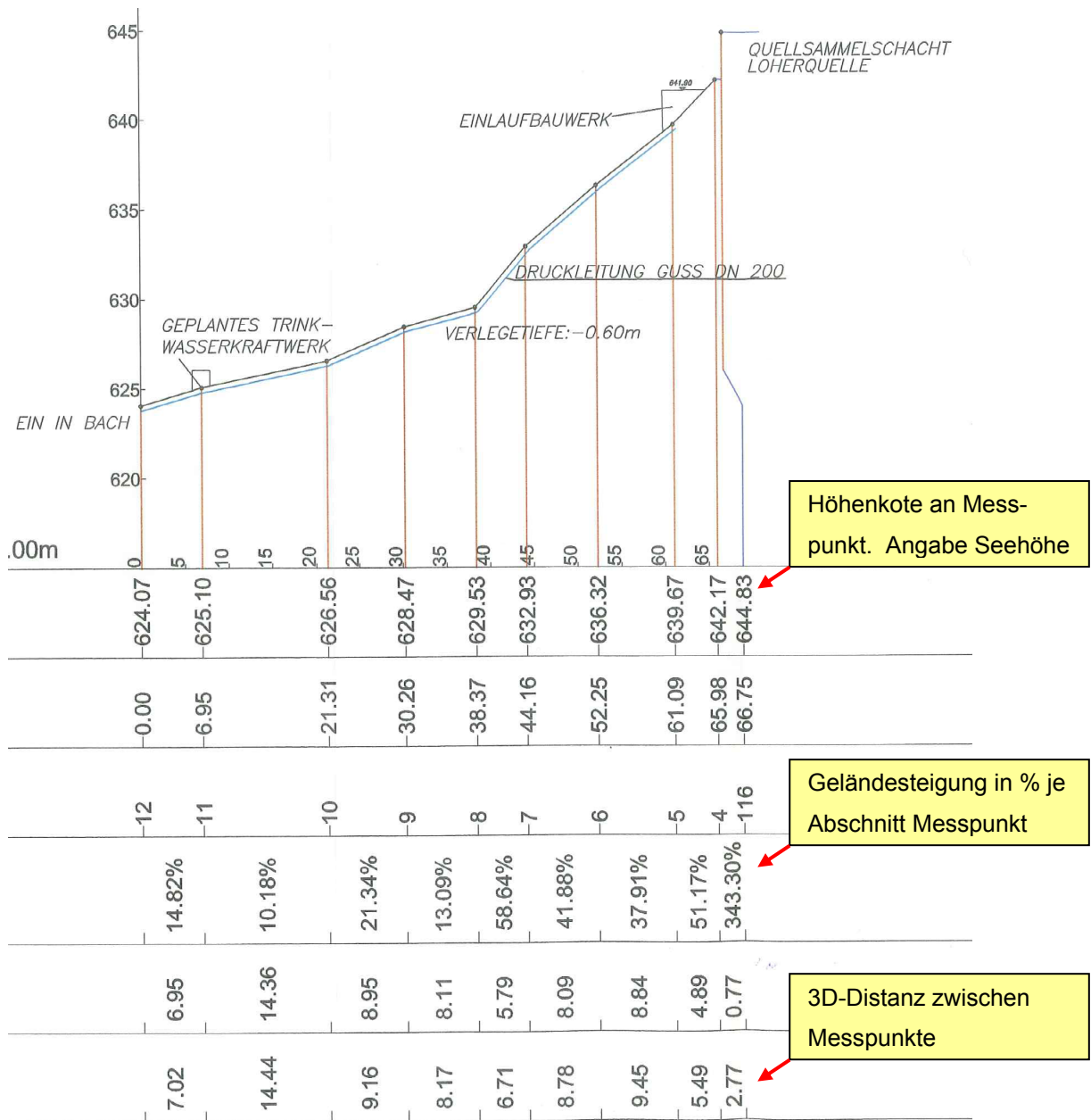


Abb.13 Vermessung der Bruttofallhöhe in Längsrichtung, Fa. ISF Julius Welser Str. 15 A-5020 Salzburg, Projektplannummer 201, Ausfertigung B, vom 04.08.2010.

Mit Ausnahme sehr kleiner Fallhöhen unter 5 Höhenmeter kann die Bruttofallhöhe normalerweise als konstant angesehen werden. Mit Hilfe heute zur Verfügung stehender digitaler und laserunterstützter Messgeräte ist dies bis auf wenige Zentimeter genau problemlos möglich. In diesem Fall wurde die Ermittlung der Bruttofallhöhe von einem professionellen Vermessungstechniker übernommen, ausgewertet und grafisch dargestellt. Ergebnisse der Vermessung sind neben der Kenntnis der genauen Höhe auch weitere nützliche Daten, die im Projektverlauf direkt herangezogen werden können.

### **Bruttofallhöhe**

In der Grafik wird in der ersten Datenreihe die jeweilige Höhenkote des Messpunktes in Seehöhe (m) angegeben. Die Bruttofallhöhe bildet die Höhendifferenz der Oberkante des Einlaufbauwerkes, welche auf einer Seehöhe von 642m liegt zum Boden des geplanten Kraftwerkes, welches bei 625,10m Seehöhe angegeben ist. Es errechnet sich anhand dieser Daten eine Bruttofallhöhe von 16,9m!

### **Geländesteigung der Druckleitungstrasse**

Als weiteres Ergebnis der Vermessung ist die genaue Kenntnis zur Geländesteigung der Druckleitungstrasse. Es zeigt sich ein vorerst mäßiger Anstieg zwischen 10% und etwa 21%. Ab der Mitte der Leitungslänge steigt das Gelände relativ stark bis zum Einlaufbauwerk an. Hier liegt die Steigung zwischen 37% und teilweise mehr als 58%. Diese Erkenntnis sollte bei Vorbesprechungen mit dem durchführenden Bauunternehmen Verwendung finden. Damit können mögliche bautechnische Probleme bezüglich der Geländesteigung im Vorfeld erkannt und optimal gelöst werden.

### **Länge der Druckleitung**

Letztlich kann nach der Vermessung auch die voraussichtliche Gesamtlänge der benötigten Druckleitung berechnet werden. Die Summe aller 3D-Distanzen zwischen den Messpunkten des Kraftwerkes und des Einlaufbauwerkes ergibt 56,71m. Damit kann eine möglichst genaue Kostenabschätzung zum Leitungsmaterial durchgeführt werden.

#### **2.4.4 Berechnung des theoretischen Energiepotenziales**

Das Prinzip der Stromgewinnung eines Wasserkraftwerkes ist die Umwandlung der im Wasser verfügbaren potentiellen Energie in elektrische Energie. Ziel ist, einen möglichst hohen Anteil dieser im Wasser verfügbaren Energie mit geeigneter, effizienter Technik in für den Menschen nutzbare elektrische Energie umzuwandeln. Vor einer Auslegung elektrotechnischer Anlagen zu diesem Zweck ist daher die genaue Kenntnis der theoretisch verfügbaren Energie im Wasser über den Jahresverlauf und die hierfür notwendigen Berechnungsmodelle wichtig. Grundsätzlich muss verstanden werden, dass Energie in ihrer Gesamtheit, in welcher Form auch immer, weder vermehrt noch vermindert werden kann. Sie kann lediglich umgewandelt werden. Dabei wird diese fast ausschließlich in mehrere verschiedene Formen umgewandelt. Die dabei nicht für den Menschen nutzbaren Anteile werden als Verluste bezeichnet. In der Ermittlung des theoretischen Energiepotenziales werden diese allerdings noch nicht berücksichtigt.

#### **Begriffsbestimmung potentielle Energie**

Die potentielle Energie ist die Energie, die ein Körper infolge seiner Lage innerhalb eines Gravitationsfeldes hat und wird daher auch als Lageenergie bezeichnet. Sie ist eine Form der Energie und hat daher die Maßeinheit Joule [J].

#### **Berechnung**

Die Einheit Joule entspricht die für die elektrische Leistung verwendete Maßeinheit Wattsekunde [Ws]. Somit kann auf einfache Weise die Berechnung der potentiellen Energie ( $E_{\text{pot}}$ ) in die adäquate Einheit der elektrischen Leistung umgerechnet werden. Auch wird die Masse in kg (Kilogramm) angegeben. Da 1 Liter Wasser bei 3,98°C ein spezifisches Gewicht von 1 kg aufweist, kann an die Stelle der Masse direkt die vorhandene Wassermenge in Liter eingefügt werden.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Vgl. [www.de.wikipedia.org](http://www.de.wikipedia.org), Artikel: Wasser, Eigenschaften von Wasser, vom 23.11.2010

Die im Wasser vorhandene Energie ergibt sich als Produkt der Masse, der zu überwindenden Lagedifferenz und der Erdschwerebeschleunigung. Die Masse wird in der Berechnung mit M angegeben und hat die Maßeinheit kg. Während der niederschlagsreichen Zeit ist lt. Jahresganglinie eine maximale Wassermenge von 32 l/sec. nutzbar und nach längerer Frostperiode 12 l/sec. Dies entspricht also 32 kg/sec. bzw. 12 kg/sec. Die Lagedifferenz entspricht in diesem Fall der Bruttofallhöhe abzüglich der Anlagenhöhe. Die Anlagenhöhe wird mit 0,5 m festgelegt. Die Erdschwerebeschleunigung ist mit 9,81 m/sec<sup>2</sup>. angegeben.

Das theoretische Energiepotenzial des Quellwassers bei maximaler Schüttung wird folgendermaßen berechnet:

Angaben bei maximaler Schüttung:

Wassermenge (M):	32 l/sec. (entsprechend 32 kg/sec.)
Erdschwerebeschleunigung (g):	9,81 m/sec <sup>2</sup> .
Lagedifferenz oder Höhe (h):	16,9m – 0,5m = 16,4m

Es errechnet sich folgende energetische Arbeit:

$$E_{\text{pot}} = M * g * h$$

$$E_{\text{pot}} = 32 * 9,81 * 16,4$$

$$E_{\text{pot}} = 5148,23 \text{ [J]}$$

*Das hierbei errechnete theoretische Energiepotenzial entspricht einer elektrischen Leistung von **5148,23 W** bei maximaler Schüttung im Jahresgang.*

Bei einer minimalen Wassermenge von 12 l/sec. und gleich bleibender Lagedifferenz (Fallhöhe) ergibt sich ein wesentlich geringeres Potenzial. Auch bei geringerer Schüttung wird die Höhe als konstant betrachtet, da ein Sammelbehälter das Niveau im Einlaufbereich stets auf selber Höhe hält.

Angaben bei minimaler Schüttung:

Wassermenge (M):	12 l/sec. (entsprechend 12 kg/sec.)
Erdschwerebeschleunigung (g):	9,81 m/sec <sup>2</sup> .
Lagedifferenz oder Höhe (h):	16,9m – 0,5m = 16,4m

Es errechnet sich folgende Leistung:

$$E_{\text{pot}} = M * g * h$$

$$E_{\text{pot}} = 12 * 9,81 * 16,4$$

$$E_{\text{pot}} = 1930,61 \text{ [J]}$$

*Das hierbei errechnete theoretische Energiepotenzial entspricht einer elektrischen Leistung von **1939,61 W** bei geringster Schüttung im Jahresgang.*

## **2.5 Technische Auslegung der Wasserkraftanlage**

### **2.5.1 Allgemeines zur technischen Auslegung**

Eine Wasserkraftanlage beinhaltet in Summe mehrere unterschiedliche Bauwerke, deren Größe und Entwurf vom Anlagentyp, den lokalen Verhältnissen, den zu verarbeitenden Wassermengen und anderen äußeren Umständen wie der Rechtslage, sozialen und ökologischen Aspekten abhängt. Üblicherweise sind folgende Bauwerke für ein sicheres Betreiben notwendig:

- Wehr / Sperrenbauwerk (Staudamm oder Staumauer)
- Hochwasserentlastungssysteme
- Vorrichtungen zur Restwasserdotation
- Einlaufbauwerk
- Druckrohrleitungen
- Krafthaus
- Fischaufstiegshilfen

Die Anlage soll so ausgelegt werden, dass sie in der Lage ist, die zur Verfügung stehende Wassermenge über den Jahresverlauf optimal zu verarbeiten. Als oberstes Ziel kann allerdings nicht die höchste technisch mögliche Energieausbeute gelten, sondern die Wirtschaftlichkeit. Da bei einem solchen Vorhaben vor allem die Investitionskosten den Löwenanteil aller Kosten ausmachen, ist bereits bei der Auswahl der Technik als auch der Planung der Bauwerke vorrangig auf die Kosten zu achten. Hierin die optimale Lösung für eine kostengünstige Errichtung und dennoch für eine höchstmögliche Stromerzeugung zu finden, ist eine schwierige Aufgabe. In erster Linie muss versucht werden, sich einen Überblick zu verschaffen, der ermöglicht, eine grobe Planung des Kraftwerks vorzunehmen. Hierfür eignet sich vor allem ein detaillierter Katasterplan mit Einzeichnung aller projektrelevanten Daten wie Höhenschichtlinien, vorhandene Bauwerke und Gewässer. In der Übersicht des Detaillageplanes werden die in das Gelände eingezeichneten Einzelkomponenten der gesamten Anlage in Form eines Grobkonzeptes veranschaulicht (siehe Folgeblatt).



## Übersicht Detaillageplan Kleinwasserkraftwerk an der Loherquelle

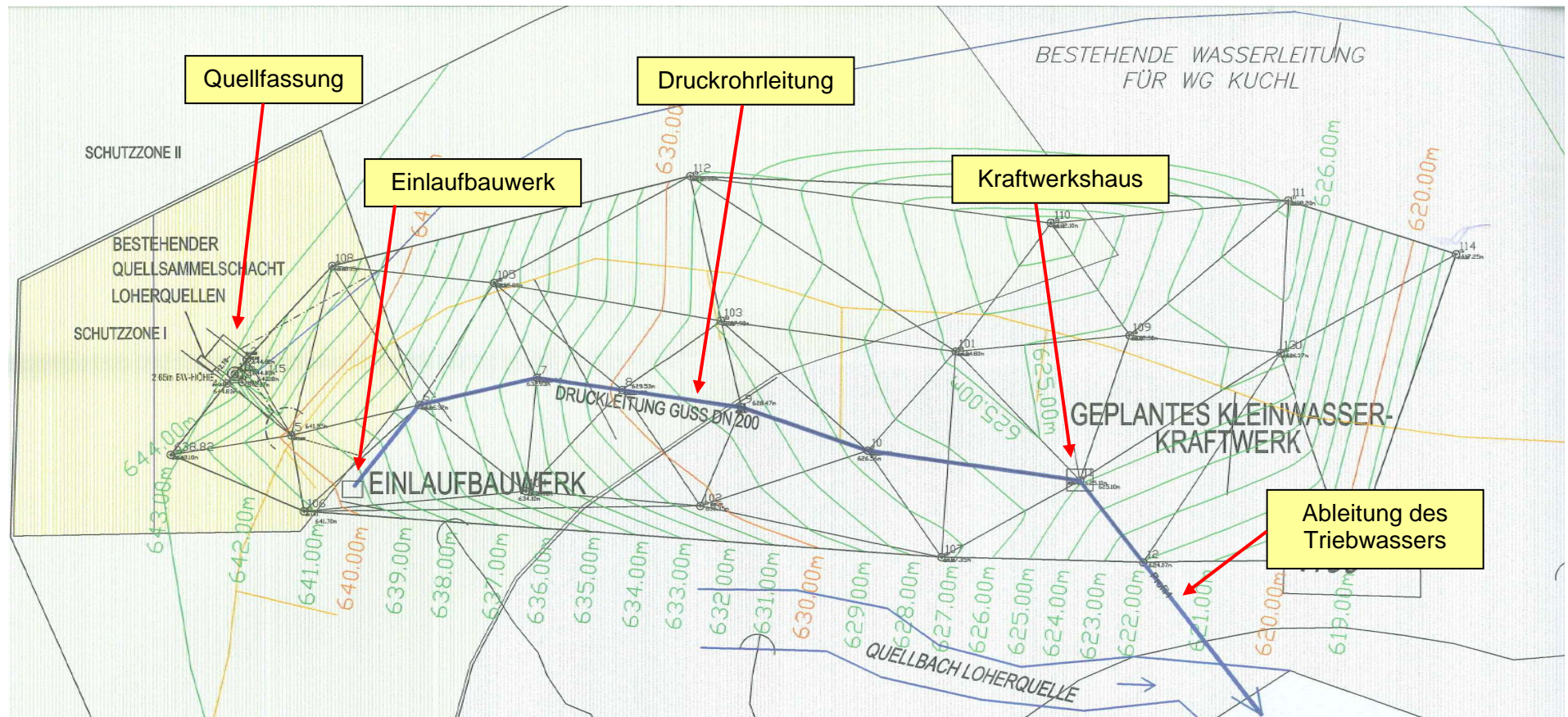


Abb.14 Detaillageplan Kleinkraftwerk, Fa. ISF Julius Welser Str. 15 A-5020 Salzburg, Projektplannummer 102, Ausfertigung B, vom 04.08.2010.

### 2.5.2 Quelfassungen

Im Gegensatz zur Nutzung von oberirdischen Gewässern wie einem Fluss oder Bach ist bei dem Vorhaben die direkte Einleitung von Quellwasser in das Kraftwerk geplant. Konkret soll die Schüttungsmenge von vier Einzelquellen in das Einlaufbauwerk abgeleitet werden. Ein Vorteil dabei ist, dass bereits ein Großteil des benötigten Wassers professionell gefasst ist. Der Quellsammelschacht der Wassergenossenschaft Kuchl fasst eine Schüttungsmenge von etwa 28 l/sec. im Sommer und 16 l/sec. im Winter. Davon werden ganzjährig 4 l/sec. für die Trinkwasserversorgung und weitere 3 l/sec. zur Betreibung einer hydromechanischen Pumpe abgeleitet. Diese dient ebenfalls der Trinkwasserversorgung. Der Rest von 22 l/sec. im Sommer und 9 l/sec. im Winter wird ungenutzt aus diesem Quellsammelschacht unmittelbar an der unteren Grenze der Wasserschutzgebietszone 1 ausgeleitet. Durch sehr einfache bauliche Maßnahmen kann daher dieses Wasser in einem Rohr zusammengeführt und für die weitere Verwendung als Triebwasser in das Einlaufbauwerk eingeleitet werden.

Als etwas komplizierter stellt sich die Situation an den weiteren drei Einzelquellen dar. Sie befinden sich in unmittelbarer Nähe des vorhandenen Quellsammelschachtes auf gleicher Höhe in einem Abstand von jeweils einigen Metern. Bisher fließt das hier austretende Wasser auf natürliche Weise in den Quellbach ab (siehe Abb.15).



Abb.15 Eine von drei Einzelquellen zur geplanten Nutzung zur Wasserkraft



Jede dieser drei ungenutzten Einzelquellen hat im Sommer eine Schüttungsmenge zwischen 2,5 und 4 l/sec. und im Winter zwischen 1 und 2,5 l/sec. Man könnte also denken, dass die Ableitung dieses Wassers äußerst einfach gestaltet werden kann. Für eine dauerhafte Nutzung reicht es aber nicht aus, das Wasser dieser Quellaustritte einfach oberirdisch abzuleiten, wie es beispielsweise für die temporäre Ermittlung der Schüttungsmengen mittels Ausliterungsverfahren möglich ist. Aufgrund der Witterungsbedingungen und verschiedenster anderer Einflüsse wie abfallende Äste und Laub ist es wichtig, diese jeweils professionell zu fassen. Auch sollten alle Anlagenteile des Wasserkraftwerkes ausreichend gegen das Eindringen Unbefugter gesichert werden. Eine Quelle ordentlich zu fassen kann sich als schwierig gestalten, da während ständigem Zufluss von Wasser gebaut werden muss. In der Regel wird die Errichtung eines Quellsammelschachtes, gerade zum Zwecke der Trinkwasserversorgung, durch spezialisiertes Personal durchgeführt. In diesem Fall allerdings reicht eine einfache Fassung völlig aus, da das Wasser ausschließlich zur Stromerzeugung und nicht für den Genuss verwendet werden soll. Hierzu muss jeder der drei Quellaustritte im ersten Schritt von oberflächlichem Bewuchs, Erde und Wurzelwerk befreit, und die wasserdurchlässige Gesteinsschicht freigelegt werden. Danach wird ein vorgefertigter Behälter mit ausreichender Größe, welcher zur Ableitung von Wasser geeignet ist, eingesetzt. Der Quellsammelschacht kann auch direkt vor Ort beispielsweise aus Beton errichtet werden. Nun kann das Wasser durch geeignetes Abdichtungsmaterial vollständig in den Behälter eingeleitet werden. An der geplanten Ausleitungsstelle des Behälters kann das Wasser bis zum Abschluss der Bauarbeiten frei abfließen. Weiters wird das Behältnis und die unmittelbare Austrittsstelle der Quelle mit so genannten Wassersteinen richtiger Größe ausgefüllt. Diese sind für Quelfassungen häufig verwendete abgerundete Steine, die das Wasser ungehindert hindurch lassen, jedoch anderes Material und Kleintiere zurückhalten. Der gesamte Fassungsbereich kann nun mit einer Filzmatte abgedeckt werden. Darüber ist es ohne weiteres möglich, Erde aufzufüllen und erneut zu begrünen. Im unmittelbaren Bereich ist allerdings eine konventionelle Nutzung der Fläche wie z.B. landwirtschaftlich oder forstwirtschaftlich nicht ratsam. Dadurch könnte langfristig die Fassung der Quelle negativ beeinträchtigt werden. Nach Fertigstellung der drei Sammelschächte wird das Wasser mit herkömmlichen Kunststoffrohren die vor allem im Tiefbau eingesetzt werden in das Einlaufbauwerk geleitet.

### 2.5.3 Einlaufbauwerk

Als ein besonderer Vorteil dieses Projekts erweist sich, dass die meisten für eine Aufrechthaltung des kontinuierlichen Wasserzulaufes in das Druckrohr üblicherweise notwendigen Bauten weitestgehend entfallen. Ein in den meisten Fällen zu errichtendes Wehr in Form einer Staumauer oder eines Staudammes ist durch die günstigen Bedingungen vor Ort nicht nötig. Auch automatisierte Rechenreinigungsanlagen zur Reinhaltung des Triebwassers fallen vollständig weg. Wegen der einfach zu berechnenden Mengen und des hochwasserfreien Zulaufs des Quellwassers ist lediglich ein geeignetes Einlaufbauwerk hierfür zu errichten. Dies reduziert deutlich die Höhe der baulichen Investitionskosten zur sicheren Einleitung des Triebwassers. Das hierfür zu errichtende Einlaufbauwerk hat dabei drei wesentliche Aufgaben zu erfüllen.

- Zusammenführung des Wassers der Einzelquellen
- Sicherstellung der Wasserqualität zur Betreibung von Wasserkraftturbinen
- Erzeugung eines Speichervolumens zur automatischen Niveauregelung

Eine nebensächliche Aufgabe kann das Einlaufbauwerk in Folge von naturschutzrechtlich geforderten Ausgleichsmaßnahmen erfüllen. Es kann ohne jeden weiteren baulichen Aufwand auch als Löschwasserbehälter verwendet werden. Die Errichtung eines solchen Behälters mit ausreichendem Fassungsvermögen wird seitens der Katastrophenschutzbehörde auf Bezirksebene gefordert, da im Umkreis von über 400 m kein geeigneter Löschwasserbehälter vorhanden ist. Derzeit müsste im Notfall an einem Feldbach, der regelmäßig trocken liegt, Wasser angesaugt werden.

Aus rechtlichen Gründen kann das Einlaufbauwerk nicht direkt an den bereits bestehenden Quellsammelschacht der Wassergenossenschaft Kuchl angebaut werden, da innerhalb der ausgewiesenen Schutzzone 1 jede bauliche Maßnahme außer die, die der Trinkwasserversorgung dienen, untersagt sind.<sup>33</sup> Wie im Detaillageplan ersichtlich, ist also der Standort des Bauwerkes unmittelbar außerhalb dieser Zone geplant. Das von den Quelfassungen abgeleitete Wasser muss in einem gemeinsamen Behältnis zusammengeführt werden. Bevor das Triebwasser aber der Druckleitung und

---

<sup>33</sup> Vgl. Wasserrechtsgesetz WRG-1959 (idF BGBl. I Nr. 82/2003), § 34 Abs. 1.

dadurch der Turbine zugeführt wird, muss ein bestimmter Zustand des Wassers hergestellt und gesichert werden. Es ist für eine tadellose Funktion des Kraftwerkes wichtig, dass das Wasser frei von Steinen oder anderem Material ist. Dies könnte in die Anlagentechnik gelangen und dort Schaden anrichten oder eine Störung verursachen. Diese Reinigungsfunktion ist durch das Einlaufbauwerk sicherzustellen. Hierzu ist eine maximal zulässige Größe von Partikeln seitens des Turbinenherstellers vorzugeben. Aufgrund der Trinkwasserqualität des gefassten Triebwassers ist bei ordentlicher Errichtung des Einlaufbauwerkes nicht zu erwarten, dass größere Partikel, Äste oder Steine von den Quelfassungen angeschwemmt werden. Auf Basis der Herstellerangaben ist zwischen dem Einlaufbauwerk und dem Zulauf in das Druckrohr ein geeignetes Sieb mit richtiger Maschenweite zu installieren. Auch die Wasserausläufe, die der Abführung von Überwasser dienen, sind gegen das Eindringen von Tieren (z.B. Frösche oder Mäuse) zu sichern. In der Wasserbautechnik wird hierfür meist eine so genannte Froschklappe verwendet. Sie stellt sicher, dass überlaufendes Wasser jederzeit von einem Leitungsrohr austreten kann, ohne dass sich Tiere in die Gegenrichtung voranbewegen können. Als Überwasser wird Triebwasser bezeichnet, das im Einlaufbauwerk bei zu großer Schüttungsmenge nicht vom Druckrohr aufgenommen und der Turbine zugeführt werden kann. Es muss an anderer Stelle aus dem Bauwerk austreten.

Das Einlaufbauwerk dient weiters auch zur Schaffung eines Speichervolumens, welches für eine ruhige Niveauregulierung durch die Anlagensteuerung benötigt wird. Dies erfordert allerdings ein Minimum an Speichervolumen. Damit die automatische Steuerung der Kraftwerksanlage bei abnehmender Wassermenge in der Lage ist, sich an die veränderten Verhältnisse anzupassen, muss ein Speichervolumen von mindestens 6000 l vorhanden sein. Denn bei absinkendem Wasserniveau im Einlaufbauwerk erkennt dies die Anlagensteuerung mittels Drucksensor und versucht, das Soll-Niveau durch Regelung der Triebwassermenge (Verminderung) vor der Turbine auszugleichen. Um ein Aufschaukeln der Regelung durch zu raschen Anstieg und Abfall des Wasserniveaus zu vermeiden, ist dieses Speichervolumen somit bereitzustellen. Sämtliche Anforderungen an das Einlaufbauwerk müssen bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden, da diese im Nachhinein nur mit deutlich erhöhten Kosten zu errichten sind.

## **2.5.4 Druckrohrleitung**

Die Druckrohrleitung ist neben der Turbine eine der zentralen Komponenten eines Druckspeicherkraftwerkes, da sie mehrere wesentliche Aufgaben für die Funktion zu erfüllen hat. Sie hat hauptsächlich den Zweck, den durch die Höhendifferenz zwischen Einlaufbauwerk und Kraftwerk entstehenden Wasserdruck aufzubauen, denn je höher die vor der Turbine anstehende Wassersäule, desto höher die Leistung (siehe 2.4.4 Ermittlung des theoretischen Energiepotenziales). Durch die üblicherweise weit zu überwindenden Distanzen ist die Druckleitung insgesamt eine baulich recht große Komponente des Wasserkraftwerkes. Daher stellt sich die Frage, ob die Leitung offen oder unter die Erde verlegt werden sollte. Dies hängt i.d.R. von den jeweiligen geologischen und ökologischen Verhältnissen ab. Auch spielen Kosten bei der Verlegung eine Rolle. Da sich die Leitung lt. Katasterplan vollständig in einem bewaldeten Gebiet befinden sollte, besteht das Risiko, dass im Falle von Sturm oder starkem Schneedruck Bäume umstürzen und in weiterer Folge auf die Druckleitung aufschlagen und diese beschädigen. In diesem Vorhaben wird daher angestrebt, sie unter die Erde zu setzen. Die wasserschutzrechtlichen Bestimmungen schreiben hier allerdings vor, dass die Leitung nicht unter eine Tiefe von 1,50 m verlegt werden darf.<sup>34</sup> Das Wasser muss auch kontinuierlich der Turbine zugeführt werden. Deshalb sind zwei übergeordnete Aspekte zu betrachten, die in der Auslegung der Leitung berücksichtigt werden müssen. Diese sind die Beständigkeit gegen den Wasserdruck und die nicht zu vermeidenden Druckverluste in der Leitung in Folge der Ableitung des Wassers.

### **2.5.4.1 Materialbeständigkeit gegen den Wasserdruck**

Die Druckleitung ist während dem Betrieb fortlaufend einem Wasserdruck ausgesetzt. Diesem Systemdruck muss das Material über die gesamte Lebensdauer von etwa 50 Jahren standhalten und dabei nicht undicht werden. Das bedeutet, der zulässige Innendruck (PN) muss stets größer sein, als die tatsächlich auftretenden hydraulischen Drücke während dem Betrieb. Es reicht allerdings nicht aus, lediglich den maximalen Druck, welcher durch die Wassersäule am tiefsten Punkt des Leitungs-

systems entsteht, bei der Auslegung zu berücksichtigen. Durch rasch schließende Ventile und Regler können deutlich höhere Spitzendrücke in der Rohrleitung auftreten. Daher ist eine bestimmte Sicherheit gesetzlich vorgeschrieben und mit einzuberechnen. Dieser Faktor ist mit dem maximal zu erwartenden Systemdruck zu multiplizieren und die Leitung entsprechend auszulegen. Die Auslegung des Materials wird bei Kleinkraftwerken in der Regel direkt durch den Rohrhersteller berechnet. Dabei spielen vor allem die Materialeigenschaften und die Wandstärke eine Rolle. Es wird in neuerer Zeit immer häufiger Kunststoff, welcher meist faserverstärkt ist, als Material für Druckrohre eingesetzt. Er zeichnet sich vor allem durch sein geringes Gewicht und seine hohe Zugfestigkeit aus, die notwendig ist, um hohem Druck im Rohr standzuhalten.

#### **2.5.4.2 Druckverluste in der Leitung**

Ein weiterer Faktor ist der Druckverlust in der Leitung. Dieser ist grundsätzlich nicht vermeidbar und aufgrund der Reibungen und Verwirbelungen des Triebwassers im geschlossenen Rohr immer vorhanden. Dennoch können diese Verluste durch die richtige Planung der Druckleitung begrenzt werden. Folgende Faktoren der Leitung sind maßgeblich für Druckverluste verantwortlich:

- Leitungslänge und Leitungsquerschnitt
- Oberflächenbeschaffenheit in der Leitung
- Anzahl und Stärke von Leitungskrümmungen

#### **Leitungslänge als Faktor für den Druckverlust**

Auf den Einzigen der wesentlichen Faktoren, die Druckverluste verursachen, kann auf die Leitungslänge nur sehr eingeschränkter Einfluss genommen werden. Sie ist so kurz als möglich auszulegen, um die Distanz zwischen dem Einlaufbauwerk und dem Kraftwerk zu überwinden. Je länger der zu überwindende Weg des Wassers,

---

<sup>34</sup> Vgl. LGBL - 5.Verordnung der Landeshauptfrau (idF v. 22.12.2005), § 3, Pkt.1.

desto höher sind die Verluste. Dieser Verlust steigt linear mit der Länge der Druckleitung und basiert auf Reibungsverluste an der Rohrwand.

### **Leitungsquerschnitt und sonstige Verlustfaktoren im Rohr**

Es gilt der Grundsatz, je größer der Durchflussquerschnitt, desto geringer der Verlust. Dabei wird aber eine zu große Auslegung durch die damit stark steigenden Materialkosten begrenzt. Es ist daher die optimale Kompromisslösung zwischen großer Dimensionierung und geringen Materialkosten zu finden. Im Fall des KWK an der Loherquelle wird ein Druckleitungsquerschnitt mit einer lichten Weite von 200 mm gewählt. Andere Faktoren, die den Wirkungsgrad der Druckleitung senken, sind die Oberflächenbeschaffenheit in der Leitung, die für den Reibungswiderstand verantwortlich ist, und die Anzahl und Stärke von Leitungskrümmungen. Krümmungen der Leitung erhöhen ebenfalls die Verluste.

In Summe liegt der Übertragungswirkungsgrad bei einer Leitungslänge von 56,71m, einer Dimensionierung des Rohrendurchmessers von 200 mm einem Leitungsmaterial aus Kunststoff mit glatter Oberfläche bei errechneten 98,66%. Dies entspricht bei einer Fallhöhe von 16,4m einem Übertragungsverlust von 0,22 Höhenmetern. Ein Übertragungsverlust unter 2% stellt eine äußerst günstige Situation dar. Es ist durchaus üblich, dass Druckleitungsverluste bis 10% des theoretischen Energiepotenziales erreichen.

### 2.5.5 Turbinentechnik

Die Umwandlung der potentiellen Energie im Wasser in elektrische Energie funktioniert mit Stand der Technik nicht direkt. Zuerst muss die potentielle Energie in mechanische Energie, vorrangig in eine Rotationsbewegung, übersetzt werden. Erst im Anschluss kann diese mechanische Energie in elektrische Energie transferiert werden. Um also die Wasserkraft nutzen zu können, bedarf es geeigneter technischer Anlagen, die diese Aufgabe mit geringsten Verlusten erfüllen können. Im Laufe der fortschreitenden Entwicklung haben sich für diesen Zweck Wasserkraftturbinen etabliert. Sie wurden immer weiter optimiert, sodass man heute durchwegs von einer äußerst ausgereiften Technologie sprechen kann. Die größte Herausforderung liegt in der Wahl des richtigen Turbinentyps und der Auslegung der Anlagengröße hinsichtlich der Engpassleistung. Aufgrund der seit sehr langer Zeit andauernden Nutzung der Wasserkraft für die Stromerzeugung gibt es eine Fülle von unterschiedlichen Prinzipien. Die naturbedingten topografischen Verhältnisse des jeweiligen gewünschten Standortes geben sehr unterschiedliche Möglichkeiten vor, die Wasserkraft zu nutzen. In gebirgigen Regionen gibt es meist große Fallhöhen und kleine Wassermengen, in den Übergangsregionen wie den Mittelgebirgen mittlere Fallhöhen bis etwa 100 m und mittlere Wassermengen und bei den großen Flüssen in den flacheren Regionen große Wassermengen bei geringen Fallhöhen. Die meisten Turbinentypen wurden an die unterschiedlichen Verhältnisse hin immer mehr angepasst und daher optimiert. Einige davon eignen sich nur für besondere Verhältnisse wie zum Beispiel große Fallhöhe und relativ wenig Wasser (Pelton-Turbine). Während andere ihren optimalen Wirkungsgrad bei niedriger Fallhöhe und sehr großen Wassermengen erreichen (Kaplan-Turbine). Vorrangig grenzt sich die Auswahl des Turbinentyps und der Technik also an verschiedenen Parametern, den hydraulischen Bedingungen, ein.

Diese sind hauptsächlich:

- die Nettofallhöhe
- die Jahresdauerlinie
- die Investitionskosten

## Nettofallhöhe

Die Nettofallhöhe ist ein mathematisch zu ermittelnder Wert und kann im Gegensatz zur Bruttofallhöhe real nicht gemessen werden. Für die Auslegung der Turbinengröße ist der Wert der Nettofallhöhe von hoher Bedeutung. Basis für die Ermittlung dieses Wertes ist die Bruttofallhöhe. Danach werden von diesem sämtliche Druckverluste der Anlagenteile vor der Turbine in Höhe umgerechnet und von der Bruttofallhöhe abgezogen.

## Berechnung der Nettofallhöhe

Am Beispiel des Bauvorhabens an der Loherquelle sind solche Verluste ausschließlich die abzuziehende Höhe der Anlage selbst und die Übertragungsverluste der Druckleitung. Da diese in Prozent ausgewiesen werden, müssen sie in theoretische Höhenverluste zur Fallhöhe umgerechnet werden (siehe 2.5.4.2 Druckverluste in der Leitung)<sup>35</sup>

Die Nettofallhöhe ( $H_n$ ) errechnet sich vereinfacht folgendermaßen:

$H_n$ .....Nettofallhöhe [m]

$H_b$ .....Bruttofallhöhe [m]

$H_t$ .....Anlagenhöhe [m]

$\eta_l$  .....Übertragungsverluste der Druckleitung [m]

$$H_n = H_b - H_t - \eta_l$$

$$H_n = 16,9 - 0,5 - 0,22$$

$$H_n = 16,18 \text{ m}$$

Es steht nach Abzug aller Verluste bis zum Kraftwerk eine Nettofallhöhe von 16,18 m zur Verfügung. Sie wird seltener auch als Nutzgefälle bezeichnet.

---

<sup>35</sup> Vgl. [www.patent-de.com/20011108/EP1138941.html](http://www.patent-de.com/20011108/EP1138941.html), vom 17.11.2010



## **Jahresdauerlinie**

Als zweiter Parameter zur technischen Auslegung der Turbine ist eine sogenannte Jahresdauerlinie erforderlich. Sie stellt in übersichtlicher Weise in Form einer Grafik die im Jahresgang vorhandenen Wassermengen dar. Dabei dient die aufwendig zu ermittelnde Jahresganglinie als Datenbasis und die Werte daraus können direkt übernommen werden. Während die Jahresganglinie eine zeitliche Abfolge der Wassermenge über den Jahresverlauf darstellt, wird in der Jahresdauerlinie die Wassermenge absteigend sortiert ausgewiesen. Nämlich vom Wert der maximalen Schüttungsmenge bis zum Wert mit der kleinsten gemessenen Schüttungsmenge. Damit ergeben sich Erkenntnisse für das höchste und niedrigste geforderte Arbeitsvermögen der Turbine, um das verfügbare Wasser optimal zu verarbeiten. Auch beinhaltet die Jahresdauerlinie weitere Informationen für ökologische Anforderungen. Kein Gewässer darf durch die Nutzung des Menschen trocken gelegt werden. Daher ist ganzjährig eine Mindestmenge an Wasser vor der Entnahme in das Einlaufbauwerk abzuführen. Dieses Wasser steht der Nutzung für die Stromerzeugung nicht zur Verfügung und wird als Dotierwasser bezeichnet. In der folgenden Grafik wird die Jahresdauerlinie dargestellt. Darin wird in blau die gesamte Schüttungsmenge der Fächerquelle (Summe aller 14 Einzelquellen) ausgewiesen. In grün stellt sich die Wassermenge zur geplanten Stromerzeugung dar. Die sich daraus ergebende Differenz ergibt das Dotierwasser dar.

### **Informationen aus der Grafik der Jahresdauerlinie**

In der Grafik stellt sich dar, dass die Schüttung der Loherquelle, außer in der Frostperiode, äußerst stabil und hoch ist. In über 35% der Jahreszeit steht eine Schüttungsmenge von 32 l/sec. oder mehr zur Nutzung bereit. Nur in einem Zeitraum von 15% des Jahres ist die Schüttung auf ein Minimum von 12 l/sec. reduziert. Im restlichen Zeitraum bewegt sich die Menge dazwischen. Es wird eine Kraftwerksanlage gefordert, die dauerhaft 32 l/sec. im optimalen Wirkungsgrad verarbeitet und ebenfalls in der Lage ist, bei minimaler Menge wirtschaftlichen Strom zu produzieren. Darüber hinaus soll die Anlage auch bei mittelmäßigen Wassermengen vernünftig arbeiten.

## Hydrologische Basisdaten: JAHREDAUERLINIE

Katastralgemeinde..... **KG Weissenbach 56229**

Grundstücksparzelle..... **569/1**

Teilwasserkörper Nr..... **an 301310001**

Bezeichnung Gewässer... **Loherquelle**

Grundeigentümer..... **Rupert Wieser, Gasteig 10, 5431 Kuchl**

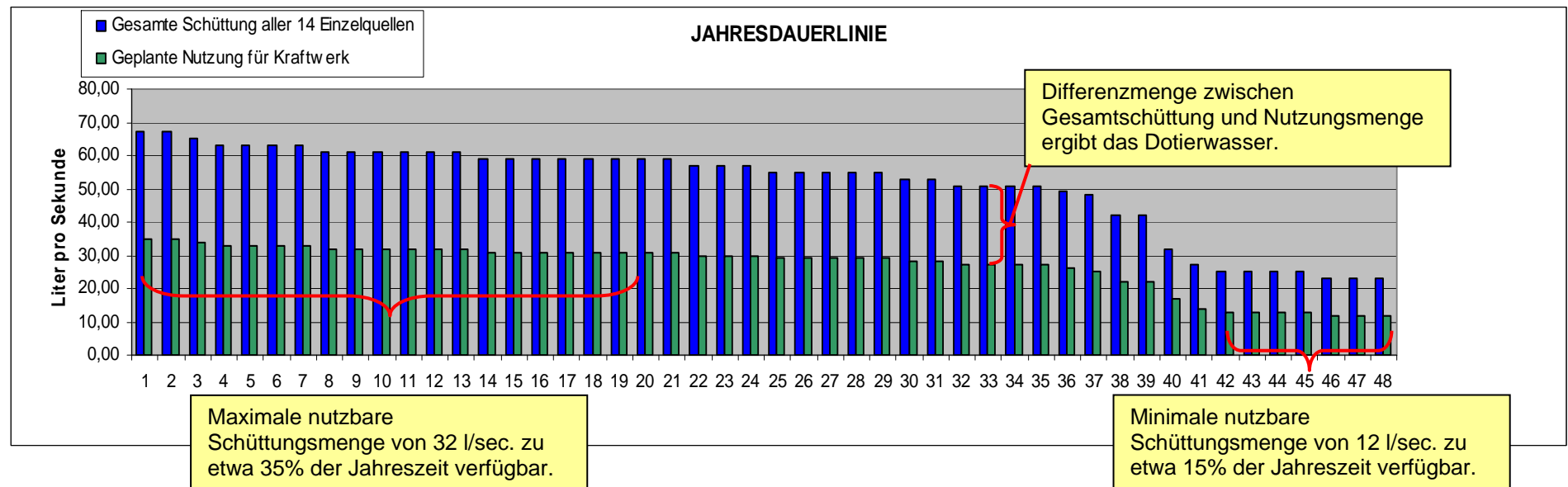


Abb.16 Grafische Darstellung Jahresdauerlinie der Loherquelle im Zeitraum 11.2009 bis 10.2010, Aufzeichnung Bernhard Wieser

Eine Reihe von Turbinentypen scheiden in diesem Anwendungsbeispiel aus, da sie aufgrund des Verhältnisses der Nettofallhöhe zum Wasserdargebot nicht ideal einsetzbar wären. Es würde sich ein nicht wirtschaftlich sinnvoller Turbinenwirkungsgrad ergeben. Einer weiteren detaillierten Betrachtung anderer Turbinen-Technologien wird hier nicht weiter Rechnung getragen. Im Wesentlichen schränkt sich die Auswahl der Turbine in diesem Praxisbeispiel auf zwei gängige Typen ein, da eine geringe Wassermenge vorliegt und auch die Nettofallhöhe im mittleren bis niederen Bereich im Vergleich zu anderen Druckspeicherkraftwerken angesiedelt ist. Diese sind die Durchströmturbine und die Turgoturbine.

#### **2.5.5.1 Durchströmturbine**

Dieser Turbinentyp unterscheidet sich in seiner Funktionsweise grundsätzlich von den meisten anderen. Gewöhnlich wird bei einer Turbine das Wasser axial oder radial zu seiner Rotationsachse durchströmt. Bei diesem Typ allerdings wird das Wasser quer zu dieser Achse hindurchgeführt. Die Durchströmturbine ist auch unter anderen Namen bekannt, die sich jeweils auf deren Erfinder beziehen. Sie wurde weltweit zeitgleich von drei Personen parallel entwickelt. Daher wird sie auch als Banki-Turbine, Michell-Turbine oder Ossberger-Turbine bezeichnet. Im Grunde basiert das Funktionsprinzip auf der Technik eines Wasserrades. Auch hier tritt das Wasser von außen am Umfang ein. Anders als am Wasserrad tritt das Wasser jedoch in das Laufradinnere ein und an gegenüberliegender Seite wieder hervor. Sowohl beim Eintritt als auch beim Austritt wird Energie an die Turbine abgegeben. Es ist mit dieser Funktionsweise ein relativ hoher Wirkungsgrad möglich und dennoch eine sehr hohe Resistenz gegen Schmutz. Die Anlage hat einen gewissen Selbstreinigungseffekt, was sich als ein gegenüber anderen Turbinen großer Vorteil erweist. Die übliche Drehzahl der Durchströmturbine liegt lt. verschiedener Herstellerangaben unter 1000 U/min. Sie zählt somit zu den langsam laufenden Turbinentypen. Letztlich ist der besonders hohe Wirkungsgrad über einen breiten Bereich des Wasserdargebotes mit dieser Konstruktion möglich. Ihre Funktionsweise erlaubt die Ausnutzung von bereits 25% der maximalen Wassermenge mit einem sehr hohen Wirkungsgrad, da das Wasserrad in mehrere Kammern, i.d.R. drei, aufgeteilt ist.<sup>36</sup> Diese Kammern können

---

<sup>36</sup> Vgl. [www.ac-tec.it](http://www.ac-tec.it), Produkte- Wasserkraftwerke- Durchströmturbine, vom 20.11.2010

je nach Wasserdargebot jeweils aus- oder hinzugeschaltet werden. Dabei wird der je optimale Wirkungsgrad erreicht. In folgender Grafik wird der Verlauf des Wirkungsgrades über die gesamte Wassermenge von 25% bis 100% dargestellt. Fällt die Wassermenge unter 25% der Maximalmenge fällt der Wirkungsgrad rapide ab. Daher ist es bei der Auslegung einer Durchströmturbine sehr wichtig, die Mindestwassermenge beispielsweise im Winter während der Frostperiode genau zu kennen.

Die gelbe Kurve zeigt den Verlauf des Wirkungsgrades bei Durchströmung eines Drittels der Kammern, die grüne den Verlauf bei der Nutzung von zwei Kammern und die blaue Linie stellt diesen bei einem Durchfluss aller Teile der Turbine.

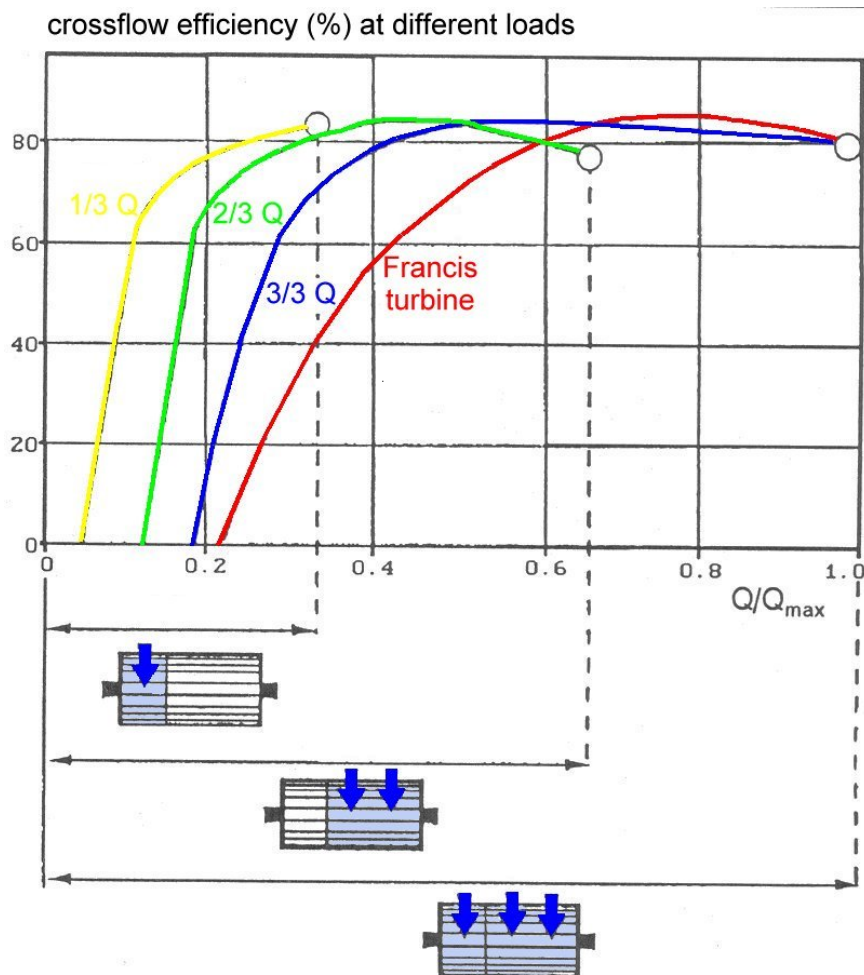


Abb.17 Wirkungsgradverlauf bei 3-teiliger Ansteuerung<sup>37</sup>

<sup>37</sup> [www.microhydropower.net](http://www.microhydropower.net), vom 20.11.2010

Wie in Abb.17 ersichtlich hat die Durchströmturbine im Vergleich zur Francis-Turbine einen etwas geringeren Spitzenwirkungsgrad bei maximaler Beaufschlagung. Dieser wird allerdings, gerade bei Kleinwasserkraftanlagen im Jahresverlauf ausgeglichen, da bei kleinen Gewässern das Wasserdargebot häufig schwankt. Dieser Turbinentyp ist deshalb für Kleinanlagen sehr interessant. Im Durchschnitt liegt der Wirkungsgrad dieses Turbinentyps bei etwa 85%. Ein weiterer Vorteil für Kleinanlagen ist die aufgrund der einfachen Konstruktion relativ niedrige Investition in die Anlagentechnik. Sie setzt sich aus nur wenigen robusten Einzelteilen zusammen, die im Betrieb einen geringen Wartungsaufwand ergeben. Sie bietet ausgenommen dem etwas verminderten Spitzenlastwirkungsgrad praktisch keine nennenswerten Nachteile gegenüber andern Turbinentypen.<sup>38</sup> Unter Berücksichtigung aller Anforderungen zur Nettofallhöhe als auch der im Jahresgang zu verarbeitenden Wassermengen bietet sich die Durchströmturbine als geeignet an.

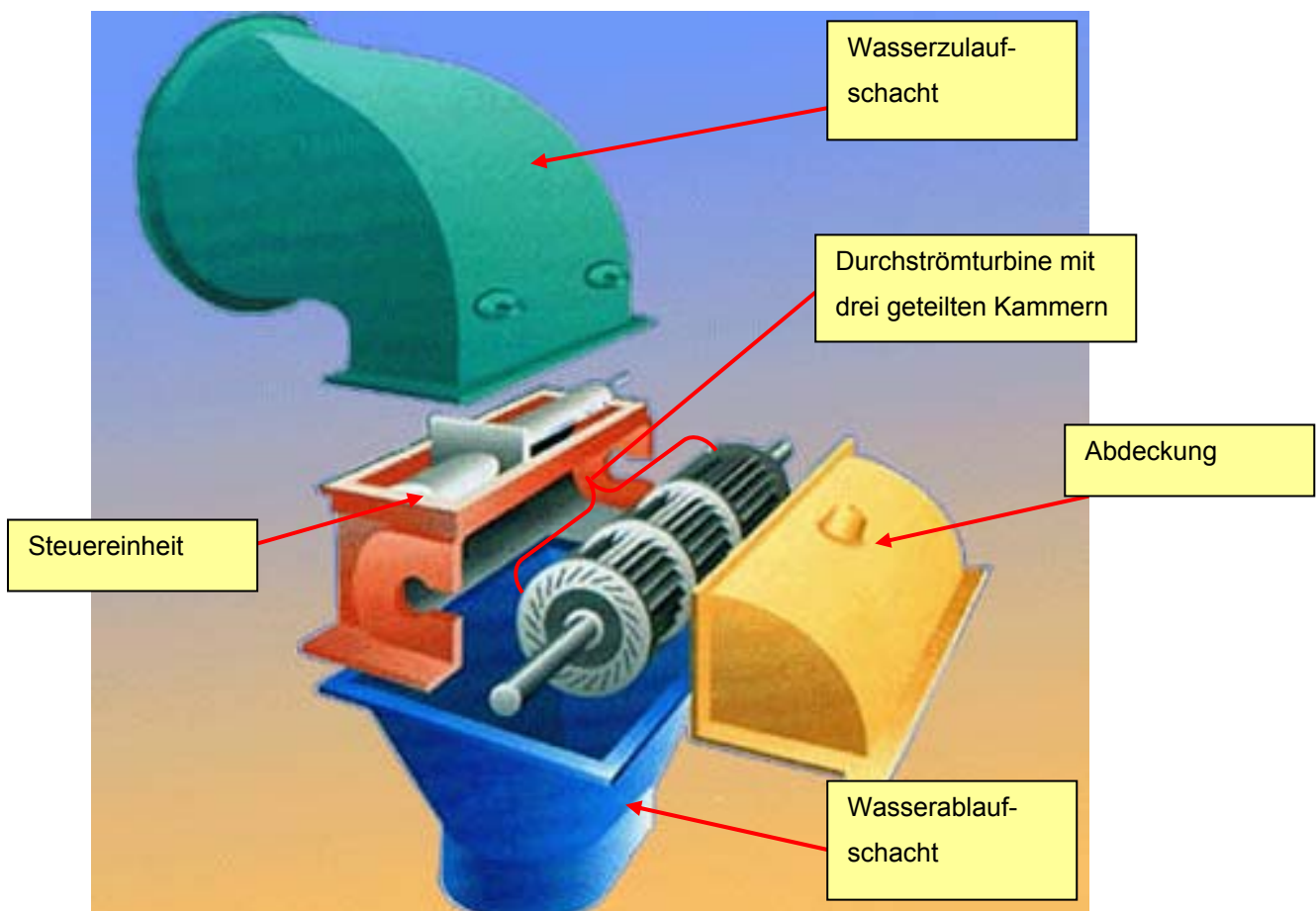


Abb.18 Prinzipieller Aufbau einer Durchströmturbine<sup>39</sup>

<sup>38</sup> Vgl. [www.ossberger.de](http://www.ossberger.de), vom 20.11.2010

<sup>39</sup> [www.maurelma.ch/durchstrom\\_turbine](http://www.maurelma.ch/durchstrom_turbine), vom 20.11.2010

### 2.5.5.2 Turgoturbine

Die Turgoturbine ähnelt in ihrem Aussehen und in ihrer Funktionsweise der Pelton-turbine, wird aber meist horizontal ausgerichtet. Somit gehört auch die Turgoturbine zu den Freistrahlturbinen. Freistrahlturbinen funktionieren im Gegensatz zu Durchströmturbinen, indem ein Wasserstrahl mit hoher Geschwindigkeit auf ein Laufrad, der Turbine, auftrifft. Anders als bei der Pelton-turbine trifft der Strahl nicht tangential und auch nicht in der Rotationsebene auf das Laufrad, sondern von der Seite. Die Schaufelgeometrie der Turgoturbine ist an diese Funktionsweise genau angepasst. Auch die Ausrichtung, der Abstand und der Einfallswinkel der Düse, die den Wasserstrahl auf die Schaufeln leitet, sind optimiert. Bei Freistrahlturbinen wird die potentielle Energie im Wasser vorerst in kinetische umgewandelt, indem das Wasser durch eine oder mehrere Düsen stark beschleunigt wird. Das hoch beschleunigte Wasser trifft auf das Laufrad und gibt die Energie ab. Die Turgoturbine ist bei selber baulicher Dimension üblicherweise in der Lage, mehr Wasser zu verarbeiten als die Pelton-turbine. Das Einsatzgebiet von Turgoturbinen unterscheidet sich ebenfalls etwas von dem der Pelton-turbinen, da sie eher für geringere Fallhöhen konzipiert sind.<sup>40</sup>

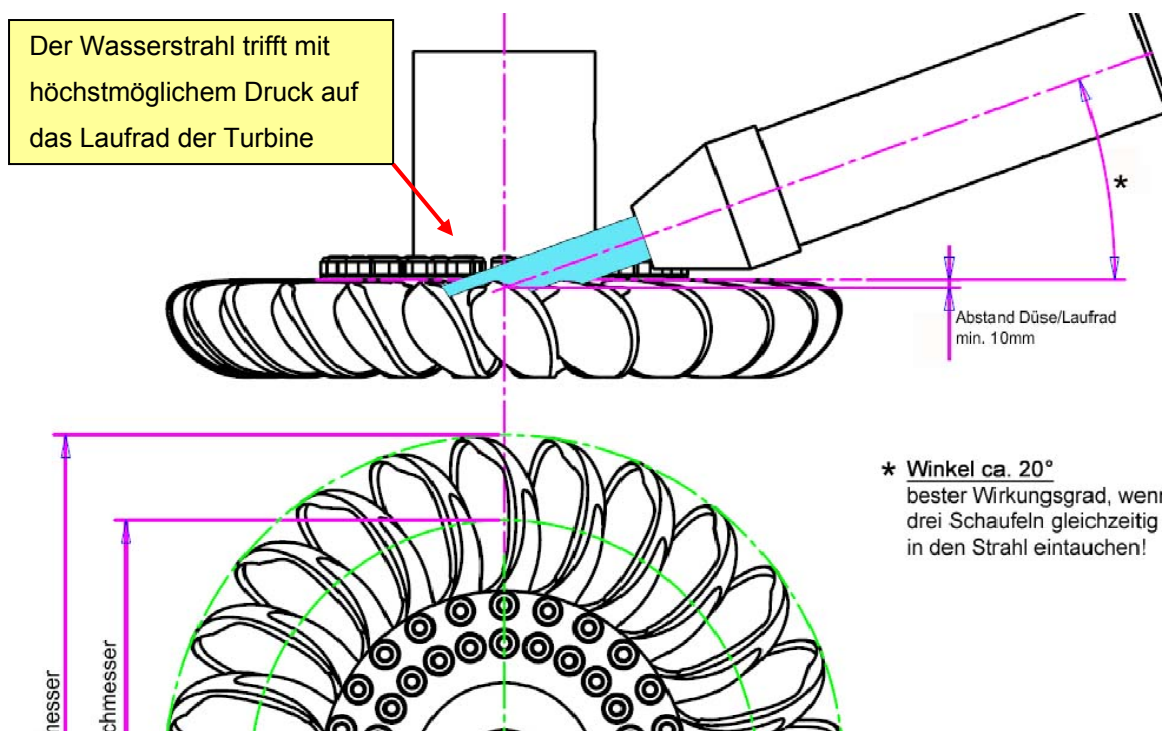


Abb.19 Funktionsprinzip Turgoturbine im Schema

<sup>40</sup> Vgl. [www.maurelma.ch/wasserkraft](http://www.maurelma.ch/wasserkraft), vom 25.11.2010

## Vorteile

- Extrem wartungsarm aufgrund der einfachen Bauweise. Es bedarf lediglich einer Welle, die direkt an den Generator angeschlossen ist und 1-3 Düsen, die das Wasser auf das Laufrad führen
- Niedrige Investitionskosten durch die sehr geringe Anzahl von Bauteilen. Auch der Ersatz von Verschleißkomponenten ist günstig. Darüber hinaus eine sehr platz sparende Konstruktion
- Sehr hoher Spezifischer Wirkungsgrad über einen großen Anteil des Teillastbereiches (größer 85% bei 30% Wassermenge), dadurch bei Anwendungen mit stark schwankenden Wassermengen sehr gut einsetzbar.

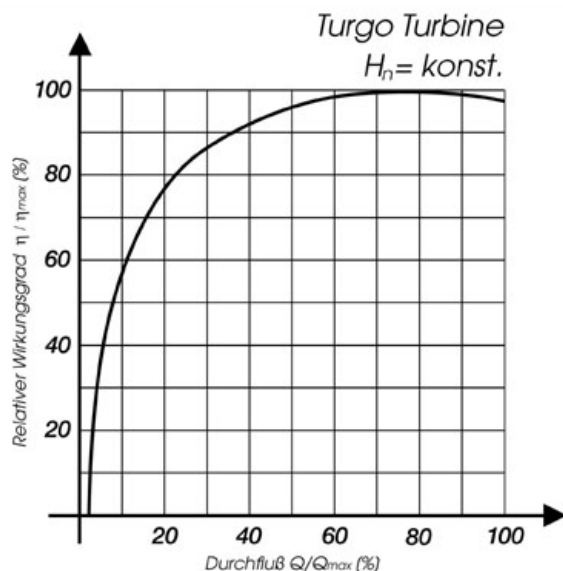


Abb.20 Verlauf des Relativen (spezifischen) Wirkungsgrades der Turgoturbine<sup>41</sup>

## Nachteile

- relative Schmutzanfälligkeit im Vergleich zur Durchströmturbine aufgrund der Düsentechnologie (nur eingeschränkter Selbstreinigungseffekt). Vom Wasser mitgeführtes Material kann sich zwischen der Düsennadel und dem Düsenkörper festsetzen und zu Funktionsstörungen führen.

<sup>41</sup> [www.rs-saarburg.bildung-rp.de/MN/wasser](http://www.rs-saarburg.bildung-rp.de/MN/wasser), vom 25.11.2010

### **2.5.5.3 Turbinenwahl**

Der Vergleich der beiden in der engeren Auswahl stehenden Turbinentypen zeigt, dass sich insgesamt die Turgoturbine als die beste Lösung darstellt. Die Vorteile überwiegen gegenüber der Durchströmturbine klar, da Investitionskosten und Betriebskosten günstiger ausfallen. Der technisch bedingte Nachteil der Turgoturbine hinsichtlich der Schmutzanfälligkeit kann bei diesem Projekt vernachlässigt werden, da hier Quellwasser mit Trinkqualität zum Antrieb der Turbine verwendet werden soll. Auch ist sie sehr gut geeignet, das Wasser im gesamten Jahr vollständig und in einem akzeptablen Wirkungsgrad zu verarbeiten.

### **2.5.6 Generator**

Nachdem die Turbine die potentielle Energie des Wassers in mechanische Energie umgewandelt hat, kann diese in elektrische Energie umgeformt werden. Diese Aufgabe wird von Generatoren übernommen. Sie funktionieren gegengleich zu einem Elektromotor. Ein Elektromotor nimmt elektrische Energie auf und wandelt sie in mechanische um. Der Generator erfüllt daher eine unverzichtbare Aufgabe in der Wasserkraftwirtschaft. Dieser wird meist direkt an der Welle der Turbine angeschlossen und übernimmt unmittelbar die von der Turbine abgegebene Rotationskraft. In der Wasserkrafttechnik kommen für diesen Zweck unterschiedliche Typen von Generatoren zum Einsatz. Man unterscheidet hierzu den Synchrongenerator und den Asynchrongenerator. Beide erfüllen letzten Endes denselben Zweck. Sie wandeln die mechanische Energie in der Turbine in elektrische Energie um. Der große Vorteil bei Generatoren liegt in ihrer nahezu unschlagbaren Effizienz. So erreichen heutige Synchrongeneratoren in Großanlagen einen elektrischen Wirkungsgrad von bis zu 98%. Auch über weite Teile des Lastbereiches hinweg reduziert sich dieser nur äußerst gering. Der Rest wird größtenteils in Wärme und Reibungsenergie umgewandelt und wird bei der Nutzung der Wasserkraft üblicherweise als Verlust gewertet, da meist keine weitere Verwendung dafür gefunden werden kann. Bei Anlagen mit Leistungen in der Größenordnung von einigen kW ist ein derart hoher Wirkungsgrad nicht realisierbar. Dennoch liegen diese immer noch deutlich über 90%. Ob ein Synchrongenerator oder ein Asynchrongenerator für die Energieumwandlung verwendet wird, hängt



im Wesentlichen von den jeweiligen Vor- und Nachteilen ab. Sie können je nach Anwendung bedeutender oder unbedeutender sein.<sup>42</sup>

### 2.5.6.1 Synchrongenerator

Kommt ein Synchrongenerator bei Kleinwasserkraftanlagen zum Einsatz, so wird sehr häufig ein permanenterregter Synchrongenerator eingesetzt. Wenn ein Synchrongenerator in ein Netz mit einer bestimmten Frequenz, also üblicherweise 50 Hz, Leistung einspeisen sollte, so müssen, bevor Generator und Netz miteinander verbunden werden können, die elektrischen Werte dieser beiden Systeme übereinstimmen. Die Frequenz lässt sich hierbei über die Generator-Drehzahl beeinflussen. Da 50 Hz der Schwingungsfrequenz von 50 Schwingungen pro Sekunde entsprechen, und eine vollständige Rotationsbewegung des Generators pro Sekunde (1 U/sec.) eine Schwingungszahl von 1 Hz ergibt, muss ein zweipoliger Generator exakt 3000 U/min, also 50 U/sec., oder das Vielfache davon durchführen. Vierpolige Generatoren müssen mindestens 1500 U/min durchführen, um diese Frequenz zu erreichen. Dies muss, da die Generatorwelle die Turbinenrotation im Verhältnis 1:1 aufnehmen soll, über die Drehzahl der Turbine gesteuert werden. Der Generator läuft somit synchron zur Netzfrequenz, daher der Name Synchrongenerator.<sup>43</sup>

Dieser Generator-Typ weist einige Vor- und Nachteile im Vergleich zum Asynchron-generator auf:

#### Vorteile

- Liefert selbstständig Blindleistung und muss diese nicht extern beziehen
- Höherer Wirkungsgrad als Asynchrongenerator<sup>44</sup>
- Liefert bei konstanter Last eine konstante Spannung und Frequenz

---

<sup>42</sup> Vgl. [www.energie.ch/synchrongenerator](http://www.energie.ch/synchrongenerator), vom 20.11.2010

<sup>43</sup> Vgl. Fuest, Klaus; Döring, Peter: Elektrische Maschinen und Antriebe, 6. Auflage, 2004, S. 109, 5.3.1 Der Synchrongenerator

<sup>44</sup> Vgl. Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien, 4. Auflage, 2006, S 299, Generator

## Nachteile

- Teurer als Asynchrongenerator aufgrund der aufwändigeren Konstruktion, nicht selten auftragsbezogene Fertigung notwendig (Sonderbau)
- Im Inselbetrieb ist meist keine konstante Last vorhanden, daher im Vergleich zum Asynchrongenerator i.d.R. ungeeigneter
- Wartungsintensiver als Asynchrongenerator
- Konstante Drehzahl der Turbine zur Erzeugung der 50 Hz Netzfrequenz erforderlich
- Schnelle und präzise Regelung der Drehzahl, Spannung und Frequenz erforderlich<sup>45</sup>

### 2.5.6.2 Asynchrongenerator

Der Asynchrongenerator findet bei Wasserkraftanlagen ebenfalls häufig Anwendung, vor allem dann, wenn er im Netzparallelbetrieb eingesetzt werden sollte und daher schwankenden Lasten ausgesetzt ist. In dieser Betriebsart ist er in vielen Punkten dem Synchrongenerator überlegen. Er erzeugt den Strom jedoch nicht in der Form die im Netz vorliegt, sondern er muss durch zusätzliche Regelungseinrichtungen gerichtet werden.

## Vorteile

- Wesentlich einfacherer Aufbau als Synchrongenerator, Entfall der Schleifringe
- Kostengünstiger aufgrund des einfacheren Aufbaus, wird in Massenfertigung hergestellt.
- Äußerst geringer Wartungsaufwand durch einfache Konstruktion
- Einsatz im Inselbetrieb möglich durch die guten Eigenschaften bei schwankender Frequenz und Spannung
- Synchronisiert sich selbst beim Anschluss ans Stromnetz

---

<sup>45</sup> Vgl. [www.dagedo.de](http://www.dagedo.de), vom 25.11.2010

## **Nachteile**

- Niedrigerer Wirkungsgrad als Synchrongenerator wegen dem Schlupf (Verluste durch die Erzeugung von Wärme)
- Benötigt von externer Quelle Blindleistung für den Inselbetrieb
- Konstante Spannung und Frequenz nur bei Volllast

### **2.5.7 Steuerung/ Regelung**

Da die Wassermenge vor der Turbine aufgrund der natürlichen Verhältnisse Schwankungen ausgesetzt ist, muss die Zufuhr des Wassers an die Turbine gesteuert werden. Dies kann teilautomatisch oder vollautomatisch erfolgen. Der Automatisierungsgrad der Steuerung hängt wesentlich von den möglichen Investitionskosten ab. Je kleiner die Engpassleitung einer Anlage ist, umso geringer sollten diese ausfallen, da eine Automatisierung der Steuerung mit relativ hohen Kosten und Wartungsaufwand verbunden ist. Anbieter von Kleinstwasserkraftanlagen raten daher meist, auf teilautomatisierte Steuerungssysteme zurückzugreifen. Die Steuerungstechnik wird bei Anlagengrößen, welche im Beispiel des Projektes an der Loherquelle Verwendung finden, meist von den Kraftwerksherstellern mit angeboten. Der Vorteil dabei ist, dass dies in das Kraftwerk integrierte Systeme sind, die mit den anderen Anlagenkomponenten abgestimmt und optimiert sind. Störungen kann bei einem solchen Vorgehen vorgebeugt werden.

#### **2.5.7.1 Steuerung von Durchströmturbinen**

Bei der Durchströmturbine wird die Regelung der Wassermenge über drei Kammern realisiert (siehe 2.5.5.1 Durchströmturbine). Die dazu verwendete Steuereinheit misst den Wasserstand im Einlaufbauwerk mittels Wasserdruckmessgerät (Barometer), das ein Mindestvolumen als Wasserspeicher hierfür bereitzuhalten hat (siehe 2.5.3 Einlaufbauwerk). Sinkt der Wasserstand auf ein bestimmtes Niveau ab, reagiert die Steuerung, in dem sie den weiteren Zustrom von Wasser in eine der drei Kammern mit der Leitschaufel unterbricht. Der Wirkungsgrad der Turbine wird dadurch wieder optimiert. Sinkt das Wasser weiter ab, wird die zweite Kammer verschlossen, usw. Bei steigendem Wasserstand findet dieser Vorgang umgekehrt durch Öffnen der

Kammern statt. Die Leitschaufel wird also auch als Absperrorgan eingesetzt.<sup>46</sup> Werden die Kammern bei Bedarf nur ganz weg oder ganz hinzugeschaltet, spricht man von einer teilautomatisierten Steuerung. Wird die Anlage stufenlos ständig an die vorhandene Wassermenge angepasst ist die Steuerung vollautomatisch.

### 2.5.7.2 Steuerung von mehrdüsigigen Turgoturbinen

Anders als bei der Durchströmturbine wird bei einer Turgoturbine die Regelung der Wassermenge über die Düsen durchgeführt. Obwohl es bei der Messung des Wasserstandes im Einlaufbauwerk keine wesentlichen Unterschiede zur Durchströmturbine gibt, funktioniert die Regelung der an die Turbine zugeführten Wassermenge anders. Bei der Turbine mit drei Düsen kann im teilautomatisierten Betrieb auch jeweils eine Düse vollständig weg oder hinzugeschaltet werden. Vollautomatisierte Anlagen können hingegen die Wassermenge direkt über die Düsennadel steuern, siehe Abb.21. Dabei wird die Öffnung zwischen dem Düsenkörper und der Düsennadel verengt, indem sie nach vor geschoben wird. Schlägt die Nadel am Körper an, so dichtet sie vollständig ab. Die Auslegung der Größe der Düse hängt also davon ab, wie viel Wasser sie im Betrieb pro Sekunde verarbeiten muss. Um einen dauerhaften Betrieb auch bei Niedrigwasser zu ermöglichen, sollen bei dem Kraftwerk an der Loherquelle drei Düsen zum Einsatz kommen. Eine Düse verarbeitet dabei das ganze Jahr über die Mindestwassermenge von 12 l/sec. Die beiden andern Düsen sollten vollautomatisch gesteuert jeweils 10 l/sec. schlucken. So wird sichergestellt, dass das vorhandene Wasser im Jahresgang immer optimal ausgenutzt wird.

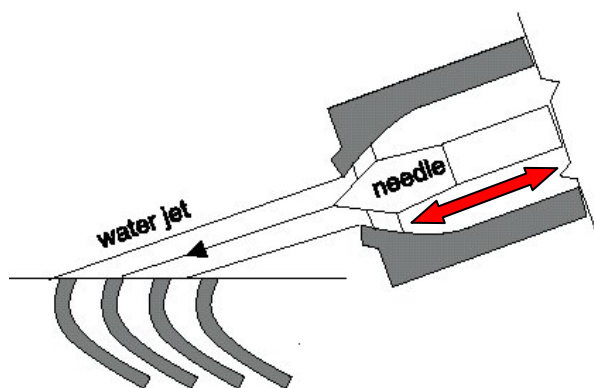


Abb.21 Vollautomatische Steuerung einer Düse an der Turgoturbine mittels axialer Verschiebung der Düsennadel<sup>47</sup>

<sup>46</sup> Vgl. Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen, 5. Auflage, 2009, S. 550.

<sup>47</sup> [www.maurelma.ch/tugo\\_Jet](http://www.maurelma.ch/tugo_Jet), vom 21.11.2010

### 2.5.8 Überwachungsgerät und Netzanschluss

Der von der Anlage erzeugte Strom soll im Netzparallelbetrieb verbraucht werden. Hierfür ist ein entsprechender Anschluss an das öffentliche Stromnetz zu errichten, der allen gesetzlichen Sicherheitsbestimmungen gerecht wird. Der Strom wird mit einer Frequenz von 50 Hz, einer Spannung von 400 Volt und 4 KVA (Drehstrom) erzeugt. Er eignet sich somit zur Netzeinspeisung und für den Eigenverbrauch in einem Haushalt. Um aber die Anlage einwandfrei elektrotechnisch zu sichern und zu überwachen, sind verschiedene Anlagenteile notwendig.

Die Aufgaben zur Stormregelung werden von folgenden Geräten übernommen:

- Spannungsrelais
- Frequenzrelais
- Zeitrelais
- Generatorschutz

Das Kraftwerk darf bei jeder Inbetriebnahme erst nach Hochlauf zeitverzögert Leistung abgeben. Dies ist notwendig, um den Strom der Anlage mit dem des Netzes zu synchronisieren bevor eine Einspeisung stattfindet. Die Verzögerung wird mit dem Zeitrelais sichergestellt. Im Falle einer Störung wird die Anlage mittels Strahlablenker außer Betrieb genommen, indem dieser den weiteren Zustrom des Wassers an die Turbine unterbindet und daran vorbeiführt. Ein Strahlablenker kommt sowohl bei der Durchströmturbine als auch bei der Turgoturbine zur Anwendung.

Auch wenn seitens des Stromnetzes Störungen auftreten, muss elektrotechnische Sicherheit jederzeit garantiert und hergestellt werden. Dazu ist ein Schaltorgan zwischen dem Kraftwerk und dem Niederspannungsnetz einzusetzen, das in der Lage ist, sofort bei Auftreten einer eventuellen Störung das Kraftwerk vom Netz zu trennen, damit dies nicht weiter Strom einspeist. Dadurch könnte es zu gefährlichen Situationen kommen, wenn das Netz repariert würde. Ein solches Schaltorgan wird als ENS bezeichnet.<sup>48</sup>

ENS steht für „*Einrichtung zur Netzüberwachung mit zugeordneten Schaltorganen*“.<sup>49</sup>

Vor der erstmaligen Einspeisung des Stromes in das öffentliche Netz muss die einwandfreie Funktion der Anlage vom Netzbetreiber geprüft und bestätigt werden. Erst wenn die Abnahme positiv abgeschlossen wurde, darf Strom eingespeist werden. Die Menge des eingespeisten Stromes wird mit einem herkömmlichen Zähler gemessen. Wird allerdings weniger Strom am Kraftwerk produziert als verbraucht wird, wird selbstständig Strom vom öffentlichen Netz bezogen. Auch dieser Strom wird mit einem Zähler erfasst. Die Aufzeichnungen der im Jahr vom Netz bezogenen und die in das Netz eingespeisten Strommengen dienen in weiterer Folge der Abrechnung mit dem Netzbetreiber.

### **2.5.9 Kraftwerksunterbringung**

Zur Sicherung der Turbine, des Generators und der elektronischen Anlagenteile ist eine Umhausung zu schaffen. Dabei sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen. Das Kraftwerk soll sich nach Plan unmittelbar neben einem Quellbach befinden, ist aber außerhalb der Hochwasserzone des Weißenbaches. Daher ist keine besondere Sicherung gegen Hochwasser vorzunehmen. Allerdings ist das Bauwerk so auszugestalten, dass bei technischen Störungen eventuell austretendes Wasser aus dem Kraftwerk abgeführt werden kann. Die Unterbringung muss den örtlich üblichen Witterungsverhältnissen standhalten und ist gegen das Eindringen von Unbefugten durch übliche Maßnahmen zu sichern.

---

<sup>48</sup> Vgl. Halbhuber, Winfried: Betrieb von Kleinwindkraftanlagen, 2010, S. 75.

<sup>49</sup> [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), ENS, vom 30.11.2010

## **2.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

Im letzten Kapitel wird die Wirtschaftlichkeit des Projektes betrachtet. Die Wirtschaftlichkeit ist erreicht, wenn die Einnahmen den Ausgaben gegenüber in einem bestimmten, zu definierenden maximalen Zeitraum überwiegen, oder im Vergleich zu allen anderen möglichen Alternative finanziell günstiger erscheint. Keine Betrachtung in dieser Berechnung finden Werte wie stark erhöhte Stromautarkie, Verminderungen von Kohlenstoffdioxid-Emissionen oder andere idealistische Werte, da diese nicht direkt in fiskalischen Werten dargestellt werden können. Aufgrund dieses Problems wirken sie sich auch nicht positiv auf die Refinanzierung der Investitions- und Betriebskosten einer solchen Anlage aus. Aus rein wirtschaftlicher Sicht macht somit jeder Umweltschutz nur ausschließlich dann Sinn, wenn dieser unmittelbar oder mittelbar finanziell günstiger ist als kein Umweltschutz. In dieser Berechnung wird die Anlage als Ökostromanlage betrachtet, da dies bestimmte wirtschaftliche Vorteile aufgrund gesetzlicher Bestimmungen mit sich bringt.

### **2.6.1 Aktuelle Stromkosten**

Im konkreten Fall werden als Vergleichsalternative zur Wirtschaftlichkeit des Kleinwasserkraftwerkes die aktuellen jährlich anfallenden Stromkosten des Projektanten betrachtet. Diese entstehen, da der Projektant 100% seines bisherigen Strombedarfes vom öffentlichen Stromnetz bezieht. Das öffentliche Stromnetz wird von einem Netzbetreiber erhalten und instand gesetzt. Hierfür werden Pflichtgebühren vom Verbraucher eingehoben, die je nach Verbrauchsmenge verrechnet werden. Als Netzbetreiber und auch als Stromhändler tritt in diesem Fall die Firma „Salzburg AG“ auf. Sie ist weiters für die Installation des Stromzählers zwischen Netz und Verbraucher zuständig, um den Stromverbrauch messen zu können. Die Basis des Strompreises bildet der Stromtarif. Der Stromtarif ist der Wert einer Kilowattstunde (kWh) der bezogenen Stromleistung in € beim Verbraucher.

Er wird vom Stromhändler verrechnet und setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen, die unabhängig von einander je nach Marktlage schwanken können:

- Marktpreis Stromherstellung
- Netzdienstleistung
- Steuern und Abgaben (Stromzählerpauschale, etc.)
- Umsatzsteuer 20% (gesetzlich fixiert)

Im Zeitraum vom 19.03.2009 bis 31.03.2010 wurde der Stromtarif mit durchschnittlich 0,1629 €/kWh festgesetzt. Der vom öffentlichen Netz bezogene Stromverbrauch des Projektanten lag in dieser Zeit bei 10.387 kWh. Daraus errechnen sich folgende Jahresstromkosten (Ks):

$$K_s = \text{Jahresstromverbrauch [kWh/a]} * \text{Stromtarif [€/kWh]}$$

$$K_s = 10387 * 0,1629$$

$$\underline{\underline{K_s = 1691,80 \text{ €/a}}}$$

Die Jahresstromkosten Ks bilden somit für dieses Projekt die Vergleichsbasis zur Wirtschaftlichkeitsberechnung.

### **2.6.2 Jährliche Einsparungen und Einnahmen durch das Kraftwerk**

Die Errichtung des Kraftwerkes hat zur Folge, dass ein großer Anteil des zuvor noch vom öffentlichen Stromnetz zu beziehenden Stromes selbst erzeugt und verbraucht werden kann. Weiters kann überschüssig produzierter Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Der nun selbst erzeugte und verbrauchte Strom wird als Einsparung, der überschüssige und einzuspeisende Strom als Einnahme betrachtet. Bevor muss die jährlich erzeugbare Strommenge des Kraftwerkes berechnet werden. Die Jahresstrommenge wird hier als Jahresarbeitsvermögen bezeichnet. Das Jahresarbeitsvermögen ist aufgrund der sich ständig verändernden natürlichen Verhältnisse, die die Stromgenerierung beeinflussen, ein rein rechnerisch zu ermittelnder



Wert, der als ein wichtiger Teil in der Wirtschaftlichkeitsberechnung eines Kraftwerkes Verwendung findet und die Maßeinheit kWh (Kilowattstunden) hat.

## **Berechnung des Jahresarbeitsvermögens**

Die Basis für die Berechnung der Jahresstrommenge bilden:

- die potentielle Energie ( $E_{\text{pot}}$ ) mit 5148,23 W, entsprechend 5,14823 kW
- das Produkt der Wirkungsgrade aller Systemteile des Kraftwerkes (Gesamtwirkungsgrad)
- die Jahresdauerlinie (siehe 2.5.5 Turbinentechnik)

Wie in der Jahresganglinie (S. 57) dargestellt, schwankt die nutzbare Wassermenge im Jahresverlauf stark. Daher ist auch der jeweils erzeugbare Strom Schwankungen ausgesetzt. Die dauerhaft maximal erzeugbare Strommenge wird als Engpasseleistung bezeichnet. Sie ist das Produkt aus der maximalen potentiellen Energie ( $E_{\text{pot}}$ ) und dem Gesamtwirkungsgrad des Kraftwerkes. Da die potentielle Energie bereits bekannt ist (5,14823 kW), muss nur noch der Gesamtwirkungsgrad ( $\eta_{\text{ges}}$ ) ermittelt werden.

$$\eta_{\text{ges}} = 1 * \eta_l * \eta_t * \eta_g * \eta_r * \eta_{\text{ek}} * \eta_{\text{sonst}}$$

$\eta_l$ .....Druckleitungswirkungsgrad (98,66%)

$\eta_t$ .....Turbinenwirkungsgrad (85%)

$\eta_g$ .....Generatorwirkungsgrad (92%)

$\eta_r$ .....Wirkungsgrad Steuerungs- und Regelungstechnik (99%)

$\eta_{\text{ek}}$ .....Stromleitungswirkungsgrad (99%)

$\eta_{\text{sonst}}$ ...Wirkungsgrad sonstiger Verlustfaktoren (90%)

$$\eta_{\text{ges}} = 1 * 0,9866 * 0,85 * 0,92 * 0,99 * 0,99 * 0,90$$

$$\underline{\eta_{\text{ges}} = 66,12\%}$$

Die Engpassleistung ( $P_{\text{eng}}$ ) des Kraftwerkes kann wie folgt ermittelt werden:

$$P_{\text{eng}} = E_{\text{pot}} * \eta_{\text{ges}}$$

$$P_{\text{eng}} = 5,14823 * 0,6612$$

$$\underline{P_{\text{eng}} = 3,404 \text{ kW}}$$

Zur Ermittlung des Jahresarbeitsvermögens kann aber die Engpassleistung nicht einfach mit der Jahresstundenzahl von 8760 Stunden multipliziert werden, da besonders in der Frostperiode wesentlich weniger als die Engpassleistung produziert wird. Genauer muss für jeden ermittelten Wassermengenwert des Jahres einzeln die jeweilige Leistungsabgabe ermittelt werden. Nach Bildung einer Summe dieser Einzelwerte ergibt sich ein sehr genauer Wert des Jahresarbeitsvermögens. Sinnvoll ist dies allerdings nicht wirklich, denn bereits in Jahren mit mehr oder weniger Niederschlag als im Jahr der Strommengenberechnung ergeben sich stark veränderte Mengen der Stromausbeute. Für eine vereinfachte Berechnung des Jahresarbeitsvermögens kann also davon ausgegangen werden, dass im Durchschnitt 9 Monate des Jahres mit Volllast Strom produziert wird und in 3 Monaten mit Mindestleistung ( $P_{\text{min}}$ ). Die Mindestleistung ist die abgegebene Leistung bei Mindestwassermenge von 12,0 l/sec. Die potentielle Energie bei Mindestwasser liegt bei 1930,61 W, entsprechend 1,93061 kW. Hinzu kommt bei der Berechnung der Mindestleistung, dass aufgrund der Turbinenauslegung auch ein etwas verminderter spezifischer Turbinenwirkungsgrad ( $\eta_{\text{tspec}}$ ) bei einer Wassermenge von 37% im Vergleich zur maximalen Nutzungsmenge vorliegt. Er reduziert sich von 100% auf etwa 90% und muss als Verlust einberechnet werden (siehe Abb.20).

$$P_{\text{min}} = E_{\text{pot}} * \eta_{\text{ges}} * \eta_{\text{tspec}}$$

$$P_{\text{min}} = 1,93061 * 0,6612 * 0,90$$

$$\underline{P_{\text{min}} = 1,148 \text{ kW}}$$

Das Jahresarbeitsvermögen ( $W_a$ ) setzt sich für dieses Kraftwerk mit vereinfachter Berechnung zusammen:

$$W_a = (\text{Engpassleistung} * \text{Jahresstundenzahl} * 0,75) + (\text{Mindestleistung} * \text{Jahresstundenzahl} * 0,25)$$

$$W_a = (3,404 * 8760 * 0,75) + (1,148 * 8760 * 0,25)$$

$$\underline{W_a = 24.878,4 \text{ kWh}}$$

Im Berechnungsjahr kann vom Kraftwerk anhand der vorliegenden Daten also eine Strommenge von 24.878,4 kWh generiert werden! Dieser ermittelte Wert wird nun für weitere Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit herangezogen, da der gesamte produzierte Strom auch entsprechend in verschiedenen Formen verbraucht werden kann. Möglich wird dies, indem die Anlage im so genannten Netzparallelbetrieb betrieben wird. In dieser Form der Stromverwertung wird der Verbrauch des Kraftwerkstromes direkt beim Projektanten priorisiert während überschüssig produzierter Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist und mit Marktpreis oder Fixpreis verkauft wird.

### **Einsparungen durch das Wasserkraftwerk**

Der wesentlich größte wirtschaftliche Effekt ist mit Einsparungen von öffentlichem Strom durch die Eigenproduktion zu erzielen. Bisher müssen jährlich über 10.000 kWh Stromleistung zugekauft werden. Diese wurden im Vergleichszeitraum vom 19.03.2009 bis 31.03.2010 mit einem Durchschnittstarif von 0,1629 €/kWh verrechnet (Siehe 2.6.1. Aktuelle Stromkosten). Da der größte Vorteil dieses Kleinwasserkraftwerkes in der kontinuierlichen Stromproduktion ganztägig und ganzjährig liegt, kann der größte Teil des vom Projektanten verbrauchten Stromes tatsächlich selbst erzeugt werden. Lediglich zu Zeiten von hohem Strombedarf reicht die Eigenproduktion nicht aus und es muss zusätzlich Strom zugekauft werden. Messungen des Stromverbrauchs beim Projektanten über einen durchschnittlichen Tagesverlauf haben gezeigt, dass an etwa 20 Stunden am Tag gleichviel oder mehr Strom durch das Kraftwerk produziert als selbst verbraucht würde. In der übrigen Zeit muss Strom zugekauft werden. Es wird daher davon ausgegangen, dass mindestens 80% des Jahresstrombedarfs durch Eigenproduktion gedeckt sind. Aufgrund der Höhe dieses Prozentsatzes wird klar, dass im Ersatz des Fremdstromes durch Eigenstrom das größte Potenzial liegt, Geld zu sparen.

Die Höhe der jährlichen Einsparungen ( $G_a$ ) durch das Wasserkraftwerk wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{Jahreseinsparung [€]} = \text{Jahresstromverbrauch [kWh/a]} * \text{Stromtarif [€/kWh]} * 0,80\%$$

$$G_a = 10.387 * 0,1629 * 0,80$$

$$\underline{G_a = 1.353,63 \text{ €}}$$

### **Einnahmen durch das Wasserkraftwerk**

Etwas komplizierter als die Ermittlung der Einsparung ist die Ermittlung der Einnahmen durch das Kraftwerk. Hierfür muss im ersten Schritt die Strommenge, die potenziell eingespeist werden soll, ermittelt werden. Sie ist die Differenz zwischen dem Jahresarbeitsvermögen ( $W_a$ ) und dem Strom der Jahreseinsparung, der Substitutionsstrommenge ( $W_{\text{eff}}$ ).

Jährliche Netzeinspeisestromleistung ( $W_n$ ) = Jahresarbeitsvermögen ( $W_a$ ) – Substitutionsstrommenge ( $W_{\text{eff}}$ )

$$W_n = 24.878,4 - (10.387 * 0,80)$$

$$\underline{W_n = 16.568,8 \text{ kWh}}$$

Die Ermittlung der eingespeisten Strommenge erfolgt mittels eines Stromzählers, der sowohl die zugekauften Strommengen, die nach wie vor notwendig sein werden, als auch die verkaufte Netzeinspeisestromleistung aufzeichnet. Eine einjährige Ablesung des Zählerstandes ermöglicht eine genaue Abrechnung mit dem Stromhändler. Voraussetzung ist allerdings auch die Festlegung des Netzeinspeisetarifes je verkaufter Kilowattstunde überschüssigen Stromes. Man hat in diesem Fall zwei Möglichkeiten den Tarif festzulegen. Zum ersten kann der Strom mit tagesaktuellem Marktstromtarif verrechnet werden. Vorteilhafter ist allerdings die Verrechnung mit Ökostromtarif, da dieser eine gesetzliche Untergrenze hat, die durchschnittlich höher als der Marktstromtarif angesetzt ist und jährlich in Abstufungen vom Gesetzgeber definiert wird. Um diese Möglichkeit zu nutzen, ist die Kraftwerksanlage als Ökostromanlage auszuweisen. Nur von anerkannten Ökostromanlagen darf Strom auch als Ökostrom deklariert werden. Die Anerkennung, die Stromdeklarierung und die Vergütung von

Ökostrom aus Kleinwasserkraftanlagen sind gesetzlich geregelt. Diese administrative Arbeit wird in Österreich von der Ökostrommanagement AG, kurz OeM-AG, der „Abwicklungsstelle für Ökostrom“ übernommen. Dabei ist eine Abnahmepflicht von Ökostrom durch den Netzbetreiber für einen gesetzlich definierten Zeitraum und zu einem festgelegten Preis bis zu einer Engpassleistung von 10 MW vorgeschrieben. Es besteht somit Kontrahierungspflicht.<sup>50</sup>

Was ist Ökostrom?

*„Unter Ökostrom versteht man die elektrische Energie, die aus erneuerbaren Energieträgern gewonnen wird.“<sup>51</sup>*

Es müssen also sämtliche vom ÖSG geforderten Voraussetzungen der Energie erzeugenden Anlage erfüllt sein, dass daraus erzeugter Strom in Form von Ökostrom verkauft werden darf.<sup>52</sup> Dies ist gesetzlich geregelt. Nach § 7 Abs 1 Ökostromgesetz sind Anlagen zur Erzeugung elektrischer Energie, die ausschließlich auf Basis erneuerbarer Energieträger betrieben werden, über Antrag der Betreiber vom Landeshauptmann mit Bescheid als Ökostromanlagen anzuerkennen. Dieser Antrag muss mindestens enthalten:

1. Der zum Einsatz gelangende Energieträger, in diesem Fall Wasser
2. Die Engpassleistung der Anlage mit 3,404 kW
3. Namen und Anschrift des Netzbetreibers, in dessen Netz eingespeist wird
4. Den Prozentsatz der einzelnen Energieträger, bezogen auf ein Kalenderjahr, in diesem Fall 100% Wasser
5. Die genaue Bezeichnung des Zählpunktes, über den die erzeugte Strommenge tatsächlich physikalisch in ein öffentliches Netz eingespeist wird
6. Nachweis der zum Einsatz gelangenden Energieträger in Form einer Dokumentation<sup>53</sup>

---

<sup>50</sup> Vgl. [www.oem-ag.at/green\\_engery/index.html](http://www.oem-ag.at/green_engery/index.html), vom 11.12.2010

<sup>51</sup> ebd.

<sup>52</sup> Vgl. ebd.

<sup>53</sup> Vgl. ÖSG Ökostromgesetz (idF. v. 11.12.2010), § 7 Abs. 3 Pkt.1 – 6.

Nach Anerkennung als Ökostromanlage mittels Anerkennungsbescheid kann einem beliebigen Stromhändler der überschüssige Strom zum Verkauf angeboten werden. Die im Jahr 2010 gesetzlich festgesetzte Untergrenze des Verrechnungspreises für Ökostrom aus Kleinwasserkraft liegt bei mindestens 6,44 Cent/kWh, entsprechend 0,0644 €/kWh.<sup>54</sup> Die Höhe der jährlichen Einnahmen ( $G_e$ ) durch das Wasserkraftwerk wird folgendermaßen berechnet:

Jahreseinnahmen ( $G_e$ ) = jährliche Netzeinspeisestromleistung ( $W_n$ ) \* Verrechnungspreis des Jahres 2010

$$G_e = 16.568,8 * 0,0644$$

$$\underline{G_e = 1.067,03 \text{ €}}$$

Nun kann, nachdem sowohl die jährlichen Einsparungen als auch die jährlichen Einnahmen ermittelt wurden, der jährliche Gesamtnutzen ermittelt werden. Dazu sind lediglich diese beiden Werte zu addieren. Schwankungen der jährlichen Netzeinspeisestromleistung und des Verrechnungspreises werden hier nicht berücksichtigt. Beide Parameter werden als Jahresdurchschnittswerte und als konstant betrachtet. Der Jahresgesamtnutzen ist weiters ein wesentlicher Bestandteil zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit, da er nach Abzug von laufenden Betriebskosten den jährlichen Tilgungswert für die Refinanzierung der Investitionskosten des Kraftwerkes bildet.

Jahresgesamtnutzen ( $G_{ges}$ ) = Jahreseinsparung ( $G_a$ ) + Jahreseinnahmen ( $G_e$ )

$$G_{ges} = G_a + G_e$$

$$G_{ges} = 1.353,63 + 1.067,03$$

$$\underline{G_{ges} = 2.420,66 \text{ €}}$$

### 2.6.3 Förderungen für Ökostrom-Kleinwasserkraftanlagen

Wird die Anlage als Ökostromanlage errichtet, kann eine Förderung in Form eines Investitionszuschusses beantragt werden. Diese sind nach Anerkennung nach Maß-

---

<sup>54</sup> Vgl. BGBl Bundesgesetzblatt (idF. v. 11.12.2010), 495 Verordnung, § 1, Pkt. 1.

gabe der zur Verfügung stehenden Mittel zu gewähren, wenn sie innerhalb von 2 Jahren nach Genehmigung der Zuschüsse errichtet wird. Die Abwicklung des Förderansuchens, die Bewilligung und die Auszahlung der Zuschüsse erfolgt durch die OeM-AG. Anhand eines Antragsformulars muss das Ansuchen eingereicht werden. Darin sind detaillierte Angaben zu Anlagengröße, Technik und Elektrotechnik zu machen. Entscheidend für die Höhe der zu gewährenden Zuschüsse ist die Engpassleistung des Kraftwerkes. Hier gibt es im Gesetzestext eine Abstufung der anteilmäßigen Investitionszuschüsse nach Leistung. Das Ökostromgesetz stuft die Zuschüsse wie folgt ab:

- Kleinwasserkraftanlagen mit einer Engpassleistung von 2 MW bis 10 MW erhalten 10% des Investitionsvolumens ersetzt, maximal jedoch 400,00 €/kW installierter Leistung
- Kleinwasserkraftanlagen mit einer Engpassleistung von 500 kW bis 2 MW erhalten 20% des Investitionsvolumens ersetzt, maximal jedoch 1.000,00 €/kW installierter Leistung
- Bei Kleinwasserkraftanlagen mit einer Engpassleistung bis 500 kW ist die Höhe des Zuschusses mit 30% des Investitionsvolumens begrenzt, maximal jedoch 1.500,00 €/kW installierter Leistung.<sup>55</sup>

Das Kleinwasserkraftwerk an der Loherquelle hat eine berechnete Engpassleistung von 3,404 kW. Deshalb ist im Falle einer Anerkennung als Ökostromanlage davon auszugehen, dass der volle Investitionszuschusssatz ( $F_s$ ) von 1.500,00 €/kW nach § 12a Abs.2 des ÖSG zur Anwendung kommt. Die Fördersumme ( $F_i$ ) errechnet sich durch Multiplikation der Engpassleistung in kW mit dem Investitionszuschusssatz in €/kW.

$$F_i = P_{\text{eng}} * F_s$$

$$F_i = 3,404 * 1.500,00$$

$$\mathbf{F_i = 5.106,00 \text{ €}}$$

---

<sup>55</sup> Vgl. Ökostromgesetz – ÖSG (idF. v. 12.12.2010), §12a, Abs.2.

Es kann daher von einem Gesamtfördervolumen von 5106,00 € ausgegangen werden!

#### **2.6.4 Investitionskosten und Betriebskosten**

Der größte und wesentlichste Anteil der Kosten eines Kraftwerkes sind die Investitionskosten. Da die Kosten bereits bei der Errichtung anfallen, muss eine ausreichende Refinanzierung sichergestellt werden. Physikalisch begrenzt ist allerdings die Stromausbeute und somit die Möglichkeit, die Einsparungen und Einnahmen weiter zu steigern. Auch fiskalische Grenzen aufgrund des konstant niedrigen Marktpreises des Stromes verhindern eine deutliche Steigerung der Einnahmen. Deshalb ist es erforderlich, die Investitionskosten so niedrig wie möglich zu halten. Hier liegt auch ein sehr großes Potenzial, die Anlage wirtschaftlich auszulegen und zu errichten. Hinzu kommt die Notwendigkeit, am Markt verfügbare Technologien ausreichend zu vergleichen, Vor- und Nachteile abzuwägen, und eine optimale Lösung zu finden. Die Investitionskosten setzen sich aus unterschiedlichen Anteilen zusammen. Neben Planungskosten und behördlichen Aufwendungen für Genehmigungsverfahren machen vor allem die Anlagen- und Baukosten den größten Anteil der Kosten aus.

#### **Planungskosten**

Die Planungskosten ( $K_p$ ) beinhalten alle Kosten für die Projektierung, um einreichfähige Unterlagen, Pläne, Vermessungsarbeiten und Datenerhebungsaufwände abzudecken. Die Planungskosten addieren sich bei diesem Projekt in Summe auf 1.850,00 €.

$$\underline{K_p = 1.850,00 \text{ €}}$$

#### **Aufwendungen für behördliche Aktivitäten**

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens zur Erlangung aller erforderlichen Rechte sind Begehungen und Verhandlungen seitens der Behörde notwendig. Dafür können Kommissionsgebühren ( $K_k$ ) eingehoben werden.<sup>56</sup> Die Beschäftigung der Beamten

---

<sup>56</sup> Vgl. Allgemeines Verwaltungsverfahrensgesetz – 1991 AVG (idF. v. 12.12.2010), § 77, Abs.1.



zur Erlangung ausreichender Kenntnis der äußeren Umstände zum Vorhaben muss vom Projektanten bezahlt werden. Da verschiedene unverzichtbare Abteilungen für ein solches Projekt, wie zum Beispiel die Naturschutzbehörde, die Wasserschutzbehörde oder der geologische Dienst erforderlich sind, fallen hier Kosten an. Jede angefangene halbe Stunde eines Beamten, die er benötigt, vor Ort einen ausreichenden Kenntnisstand für seine Bewertungen aufzubauen, wird mit einem gesetzlich festgelegten Halbstundensatz verrechnet. Auch die Anfahrt von der Amtsstelle zum geplanten Anlagenstandort muss mit einer Anfahrtspauschale abgegolten werden<sup>57</sup>. In Summe ist mit etwa 15 Personalstunden behördlichen Aufenthalts und 6 Anfahrtspauschalen zu rechnen. Da sich behördliche Verfahren manchmal aus unterschiedlichsten und zum Teil nicht weiter nachvollziehbaren Gründen verzögern, kann hier nur ein Schätzwert abgegeben werden. Der Halbstundensatz eines Beamten auf Bezirksebene wurde lt. der Gebührentabelle für Bundesgebühren, Bundes- und Gemeindeverwaltungsabgaben und Kommissionsgebühren im Bundesland Salzburg für das Jahr 2010 mit 10,00 €/0,5h festgesetzt.<sup>58</sup> Hinzu kommen noch Kosten für administrative Tätigkeiten ( $K_a$ ), die ebenfalls nur geschätzt werden können. Die geschätzten Kommissionsgebühren berechnen sich folgendermaßen:

$$K_k = (\text{Personalstunden} * \text{Halbstundensatz} * 2) + (6 * \text{Anfahrtspauschale}) + K_a$$

$$K_k = (15 * 10,00 * 2) + (6 * 10,00) + 200,00$$

$$\underline{K_k = 560,00 \text{ €}}$$

## **Anlagen- und Materialkosten**

Den höchsten Kostenfaktor stellen bei einem Kleinwasserkraftwerk i.d.R. die Anlagenkosten und die Materialkosten dar. Um Strom aus der vorhandenen potentiellen Energie des Wassers technisch zu generieren sind gewisse Anlagenteile und Materialien unverzichtbar, in die investiert werden muss. Eine Kostenaufstellung anhand von Angeboten durch Hersteller und aktuellen Preisen wurde durchgeführt. Die Kosten von diversen einzelnen Bauteilen sowie bauhandwerklichem Zubehör werden zu-

---

<sup>57</sup> Vgl. ebd., § 77, Abs.2.

<sup>58</sup> Vgl. [https://www.kommunalnet.at/upload/1/Geb%C3%BChrentabelle\\_Salzburg\\_Okt\\_2010.PDF](https://www.kommunalnet.at/upload/1/Geb%C3%BChrentabelle_Salzburg_Okt_2010.PDF), vom 12.12.2010, Pkt. 2 – Kommissionsgebühren.

sammengefasst dargestellt und sind größtenteils auf Erfahrung basierende Schätzwerte.

### **Auflistung der Materialkosten ( $K_m$ )**

• Material für 3 Quelfassungen.....	1.000,00 €
• Ableitungsmaterial von Quellen zum Einlaufbauwerk.....	400,00 €
• Einlaufbauwerk mit Überlauf, Abdeckung u.a. Zubehör.....	1.000,00 €
• Material Druckrohrleitung.....	2.375,00 €
• Material Kraftwerkshaus.....	800,00 €
• Kraftwerkstechnik inkl. MwSt. nach Angebot.....	8.500,00 €
• Material Erdkabel inkl. MwSt. nach Angebot.....	1.200,00 €
• Netzanschluss.....	<u>350,00 €</u>
<b>Σ</b>	<b>15.625,00 €</b>

$$\underline{K_m = 15.625,00 \text{ €}}$$

### **Baukosten**

Nach reiflicher Planung und Vorbereitung müssen Baumaßnahmen getroffen werden, um die Anlagenteile vor Ort zu errichten, zu verbinden und in Betrieb zu nehmen. Es ist darauf zu achten, dass bereits im Vorfeld alles Baumaterial organisiert wird und zum Zeitpunkt des Bedarfes vorhanden ist. Ist dies nicht der Fall, können die Baukosten ( $K_b$ ) unerwartet ansteigen, da gerade kostenintensive Arbeiten wie Grabungsarbeiten mit schwerem Gerät oder Maurer- und Betonierarbeiten bei Verzögerungen rasch ohne generierbarer Wertschöpfung am Bauvorhaben ansteigen. Diese Arbeiten müssen auch bezahlt werden, wenn es zwischenzeitlich zu Stillständen durch Materialmangel kommt, der von den Bauherren verursacht wurde.

Die Grabungsarbeiten mit schwerem Gerät (Bagger) zum Aushub und Verschluss der Quelfassungen, der Ableitungstrassen zum Einlaufbauwerk, des Einlaufbauwerkes, der Druckrohrleitungstrasse, des Kraftwerkshauses sowie der Erdkabeltrasse werden nach Abschätzung mit einem Erdbewegungsunternehmen vor Ort auf 40 Arbeitsstunden geschätzt. Die Arbeitsstunde eines Baggers mit Personal wird mit 80,00 € angegeben. Darin inkludiert sind bereits die Anfahrtspauschale und die MwSt. Die Kosten für die Erdbewegung ( $K_e$ ) werden auf 3.200,00 € geschätzt.

$$K_e = 80,00 \cdot 40$$

$$\underline{K_e = 3.200,00 \text{ €}}$$

Zur Errichtung der Anlagenteile sind professionelle Arbeiten wie Maurer- und Betonierarbeiten zu verrichten. Auch zur Fassung der drei bisher frei abfließenden Einzelquellen und zur Verbindung der Druckrohrleitungsteile ist geschultes Personal erforderlich. Die Installationskosten und die Personalkosten für die Inbetriebnahme der Kraftwerkstechnik sind allerdings bereits im Angebot für die dieses inkludiert. Zur Verrichtung dieser Arbeiten wird ein Aufwand ( $K_{arb}$ ) von 1.500,00 € geschätzt.

$$\underline{K_{arb} = 1.500,00 \text{ €}}$$

Die Baukosten setzen sich aus den Erdbewegungskosten  $K_e$  und den Arbeitskosten  $K_{arb}$  zusammen.

$$K_b = K_e + K_{arb}$$

$$K_b = 3.200,00 + 1.500,00$$

$$\underline{K_b = 4.700,00 \text{ €}}$$

**Die Investitionskosten ( $K_i$ )** werden aus der Summe der Planungskosten  $K_p$ , der Kommissionsgebühren  $K_k$ , den Materialkosten  $K_m$  den Baukosten  $K_b$  und sonstigen Kosten ( $K_{sonst}$ ) gebildet. Dabei wird aufgrund möglicher unerwarteter Ereignisse davon ausgegangen, dass weitere nicht planbare Kosten von 500 € für die Errichtung zu tätigen sein werden.

$$K_i = K_p + K_k + K_m + K_b + K_{sonst}$$

$$K_i = 1.850,00 + 560,00 + 15.625,00 + 4.700,00 + 500,00$$

$$\underline{K_i = 23.235,00 \text{ €}}$$

## Betriebskosten

Die Betriebskosten sind durch die robuste Bauweise, der ausgereiften Technologie und des äußerst sauberen Triebwassers verhältnismäßig gering. Dennoch müssen in regelmäßigen Abständen Überprüfungen der Anlagenfunktionalität ( $K_{\ddot{u}}$ ) durch externes Personal bezahlt werden, da dies gesetzlich vorgeschrieben ist. Solche Überprüfungen müssen in Abständen von 3 Jahren durchgeführt werden. Eine Überprüfung ist nach etwa einer Stunde (sehr kleine und übersichtliche Anlage) abgeschlossen. Mit einer Anfahrtspauschale muss hier mit 300,00 € nach jeweils 3 Jahren gerechnet werden. Eine jährliche Überprüfung der Dotierwassermenge durch die Wasserrechtsbehörde wird ebenfalls vorgeschrieben bzw. ist geplant. Die hier anfallenden Kosten sind mit etwa 100,00 € jährlich vergleichbar mit der Funktionsüberprüfung. Sonstige Betriebskosten wie der Entfall von Einnahmen durch Wartungsstillstände oder bei diversen Einzelereignissen werden mit jährlich 50,00 € angesetzt. Die jährlichen Betriebskosten ( $K_{\text{bet}}$ ) errechnen sich folgendermaßen:

$$K_{\text{bet}} = K_{\ddot{u}} / 3 + \text{Dotierwasserkontrollkosten} + \text{Wartungskosten}$$

$$K_{\text{bet}} = 300,00 / 3 + 100,00 + 50,00$$

$$\underline{K_{\text{bet}} = 250,00 \text{ €}}$$

### 2.6.5 Besteuerung

Da bei dem Verkauf von Strom an einen Händler ein Umsatz generiert wird, fällt die gesetzliche Regelung dieses Handels in das Umsatzsteuergesetz. Der Betrieb eines Wasserwerkes ist lt. UStG § 2 Abs. 3 stets gewerblicher Art, auch wenn dies im Rahmen einer Landwirtschaft betrieben wird.<sup>59</sup> Die Lieferung von Elektrizität an einen Unternehmer, dessen Haupttätigkeit in Bezug auf deren Weiterlieferung (Netzbetreiber) besteht und dessen eigener Verbrauch dieser Gegenstände von untergeordneter Bedeutung ist, gilt dort ausgeführt, wo der Abnehmer sein Unternehmen betreibt.<sup>60</sup> Dies bedeutet, dass eine Umsatzsteuer erst zu entrichten ist, wenn der Strom

---

<sup>59</sup> Vgl. Umsatzsteuergesetz – UStG (idF. v. 12.12.2010), § 2, Abs 3.

<sup>60</sup> Vgl. ebd. § 3, Abs 13.

seinem Verwendungszweck entsprechend abgearbeitet wird. Weiters ist der jährliche Umsatz unterhalb der 30.000 € Grenze.<sup>61</sup> Daher ist bei der Einspeisung des überschüssigen Stromes in das öffentliche Netz keine Umsatzsteuer zu entrichten, solange diese Grenze nicht überschritten, und dieser nicht direkt an einen Endverbraucher verkauft wird.

### **2.6.6 Finanzierungskosten**

Als wirtschaftlich sinnvoll und somit als förderungswürdig werden Kleinwasserkraftanlagen in Österreich angesehen, wenn eine Refinanzierung unterhalb der Anlagenbetriebszeit stattfindet. Die Wirtschaftlichkeit wird also aufgrund der i.d.R. sehr langen Betriebszeit von durchschnittlich 50 Jahren der technischen Anlagenteile und durchschnittlich 25 Jahren der elektrotechnischen Anlagenteile mit max. 25 Jahre Amortisationszeit bei einer angenommenen Verzinsung von 6% des eingesetzten Kapitals angesehen. Im Gesetzestext ist die Wirtschaftlichkeit der Anlage somit Voraussetzung für mögliche Investitionsförderungen:

*„...dass bei Kleinwasserkraftanlagen bei elektrotechnischen Anlagenteilen von einer Lebensdauer von 25 Jahren, bei den übrigen Anlagenteilen von einer Lebensdauer von 50 Jahren auszugehen ist,...die bei einer wirtschaftlichen Betriebsführung zu erwarten sind. Dabei ist von einer Verzinsung des eingesetzten Kapitals in Höhe von sechs Prozent auszugehen.“<sup>62</sup>*

### **2.6.7 Berechnung der Wirtschaftlichkeit**

Die letztendlich entscheidende Frage ist, ob ein kleines Wasserkraftwerk für die Eigenversorgung wirtschaftlich errichtet und betrieben werden kann. Diese Frage zu beantworten ist nur möglich, wenn das Projekt mit geeigneten mathematischen Methoden bewertet wird. Als wirtschaftlich sinnvoll wird bei dieser Anlage eine maximale Amortisationszeit von 15 Jahren angesetzt. Das eingesetzte Investitionskapital ist bei einem Festzinssatz von jährlich 6 Prozent fremd zu finanzieren. Da eine Fremdfinan-

---

<sup>61</sup> Vgl. ebd. § 6, Abs 1, Pkt. 27.

zierung eine Kreditgewährung voraussetzt, ist zu prüfen, ob der Projektant kreditfähig und kreditwürdig ist. Dies wird bei der Berechnung ebenfalls vorausgesetzt. Der Restwert der Anlage dürfte durch die etwa gleich hohen gegensätzlichen Entsorgungskosten bei 0,00 € liegen. Zur Berechnung, ob die Investitionskosten in das Kraftwerk nach 15 Jahren im Vergleich zu einer Verzinsung des eingesetzten Kapitals mit sechs Prozent vorteilhafter erscheint, wird die Kapitalbarwertmethode angewendet. Sinn macht die Investition, wenn der Kapitalbarwert ( $C_0$ ) positiv ausfällt. Die Kapitalbarwertmethode setzt einige Parameter als bekannt voraus. Diese sind:

- Anschaffungskosten ( $I$ ). Die Anschaffungskosten sind die Investitionskosten ( $K_i$ ) abzüglich des Fördervolumens ( $F_i$ ).
- Zinsfaktor ( $i$ ) auch Kreditzins
- Berechnungszeitraum ( $T$ ) in Jahre
- Jahresüberschuss ( $R_t$ ), der sich aus Jahresgesamtnutzen ( $G_{ges}$ ) abzüglich jährlicher Betriebskosten ( $K_{bet}$ ) errechnet.

Die Grundformel zur Berechnung des Kapitalbarwertes wird folgendermaßen aufgestellt:

$$C_0 = -I + R_T \cdot \frac{(1+i)^T - 1}{(1+i)^T \cdot i} + L \cdot (1+i)^{-T} \quad 63$$

Bei einem Vergleichszeitraum von 15 Jahren errechnet sich der Kapitalbarwert bei dem Kraftwerk:

$$C_{0(T15)} = - (K_i - F_i) + \{ (G_{ges} - K_{bet}) \cdot [((1+i)^{15} - 1) / ((1+i)^{15} \cdot i)] + (0 \cdot (1+i)^{15})$$

$$C_{0(T15)} = - (23.235,00 - 5.106,00) + \{ (2.420,66 - 250,00) \cdot [(1,06^{15} - 1) / (1,06^{15} \cdot 0,06)] + (0 \cdot 1,06^{15})$$

$$\underline{C_{0(T15)} = 2.952,99 \text{ €}}$$

<sup>62</sup> Ökostromgesetz – ÖSG (idF. v. 12.12.2010), §12a, Abs.2.

<sup>63</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Kapitalwert>, vom 12.12.2010

Da nach 15 Jahren ein positiver Kapitalbarwert ermittelt wurde, wird nun berechnet, ab welchem Jahr der Kapitalbarwert erstmals positiv ausfällt. Hierzu wird die beste-hende Formel verwendet, jedoch mit einer Laufzeit (T) nach 11 Jahren berechnet:

$$C_{0(T11)} = - (23.235,00 - 5.106,00) + \{(2.420,66 - 250,00) * [(1,06^{11} - 1) / (1,06^{11} * 0,06)] + (0 * 1,06^{11})\}$$

$$\underline{C_{0(T11)} = - 1.009,28 \text{ €}}$$

Es zeigt sich nach 11 Jahren Berechnungszeitraum ein negativer Kapitalbarwert. Dies würde bedeuten, dass sich die Anlage nach 11 Jahren noch nicht amortisiert hat. In der Berechnung wird nun der Zeitraum auf 12 Jahre erhöht:

$$C_{0(T12)} = - (23.235,00 - 5.106,00) + \{(2.420,66 - 250,00) * [(1,06^{12} - 1) / (1,06^{12} * 0,06)] + (0 * 1,06^{12})\}$$

$$\underline{C_{0(T12)} = 69,47 \text{ €}}$$

Der Kapitalbarwert ist nun erstmals positiv. Die Wirtschaftlichkeit ist somit nach Berücksichtigung von Fördergeldern und den jährlichen Betriebskosten bereits ab einer Laufzeit von 12 Jahren gegeben, falls die Investition im Vergleich mit einer Kapitalanlage mit einer Verzinsung von sechs Prozent betrachtet wird.

Berücksichtigt sind hier bewusst noch nicht die Ausgaben für die seitens der Naturschutzbehörde möglicherweise geforderten kompensatorischen Maßnahmen (siehe 2.2.2 Ausgleichsmaßnahmen). Sollten alle vorgeschlagenen Ausgleichsmaßnahmen für die Erteilung einer Projektgenehmigung notwendig sein, wird der finanzielle Aufwand ( $K_{komp}$ ) zur Umsetzung dieser Maßnahmen auf etwa 1.000,00 € geschätzt. In diesem Fall müssen diese Ausgaben den Investitionskosten hinzugerechnet werden. Die Wirtschaftlichkeit wird dadurch beeinträchtigt. Bei einer Laufzeit von 15 Jahren und mit Berücksichtigung der Kompensationsmaßnahmen wird der Kapitalbarwert berechnet.

$$C_o \text{ (T15 inkl. Kkomp)} = - (23.235,00 + 1.000,00 - 5.106,00) + \{(2.420,66 - 250,00) * [(1,06^{15} - 1) / (1,06^{15} * 0,06)] + (0 * 1,06^{15})\}$$

$$\underline{C_o \text{ (T15 inkl. Kkomp)} = 1.952,99 \text{ €}}$$

Es zeigt sich auch nach Berücksichtigung der Ausgaben für evtl. naturschutzrechtlich geforderte Ausgleichsmaßnahmen ein positiver Kapitalbarwert nach einer Laufzeit von 15 Jahren. Die Anlage lässt sich nach dieser Berechnung auch mit Kompensationsmaßnahmen wirtschaftlich betreiben.



### 3 Schluss

Üblicherweise sind derartige Projekte aus rein wirtschaftlicher Sicht nicht immer zu befürworten. Zu hohe Investitionskosten in Anlagenteile und zu geringe Erlöse aus Stromeinsparung und Stromertrag begründen diese Argumente. Hierbei allerdings kann das Kraftwerk bei guter Vorbereitung tatsächlich auch gewinnbringend betrieben werden, wenn auch nur in geringem Ausmaß. Dies wird besonders durch zwei Vorteile im Vergleich zu ähnlichen Projekten begünstigt, die entscheidende Auswirkungen auf die Sinnhaftigkeit in eine Investition haben.

Zusammengefasst kann folgendes Fazit ausgesprochen werden:

1. Ein sehr hoher Anteil der zu erlangenden Rechte für die Errichtung und Betreuung eines Kleinwasserkraftwerkes liegen dem Projektanten bereits vor. Die noch ausständigen Rechte sind weitestgehend einfach zu erlangen. Ein relativ rasches Genehmigungsverfahren kann erwartet werden!
2. Wichtige und sehr kostenintensive Anlagenteile, welche bei den meisten Kleinwasserkraftanlagen unverzichtbar sind, können hier wegfallen. Dies wirkt sich entscheidend positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens aus!
3. Ein letztes in der Projektplanung nicht vollständig kalkulierbares Risiko für die Erteilung einer behördlichen Genehmigung bleiben die naturschutzrechtlichen Bestimmungen. Daher ist eine ausreichende Vorbereitung hierzu notwendig. Die vorgeschlagenen kompensatorischen Maßnahmen scheinen nach dem Maß der Verhältnismäßigkeit auch hier als ausreichend!

**Dem Projektanten kann eine Errichtung des Kleinwasserkraftwerkes zur Eigenstromversorgung und zur Netzeinspeisung aus rechtlicher, ökologischer und ökonomischer Sicht empfohlen werden!**

# Literaturverzeichnis

## Bibliographien

- (1) Bibliographisches Institut GmbH: Duden - Deutsches Universalwörterbuch, 6. überarbeitete Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich: Dudenverlag, 2007
- (2) Fuest, Klaus; Döring, Peter: Elektrische Maschinen und Antriebe, 6. Auflage; Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2004
- (3) Giesecke, Jürgen; Mosonyi, Emil: Wasserkraftanlagen, 5. Auflage; Berlin; Heidelberg: Springer, 2009
- (4) Halbhuber, Winfried: Betrieb von Kleinwindkraftanlagen; Wien: GRIN, 2010
- (5) Kaltschmitt, Martin; Streicher, Wolfgang; Wiese, Andreas: Erneuerbare Energien, 4. Auflage; Berlin; Heidelberg: Springer, 2006
- (6) Mayrhofer, Gerhard: Bescheid Wasserrechtliche Bewilligung (idF v. 08.02.2001), - Zahl 1/01-332/366-2001 – Salzburg: Amt der Salzburger Landesregierung Abteilung 1, 2001

## Gesetze

- (7) AVG (Österreich) Allgemeines Verwaltungsverfahrensgesetz – 1991 (idF. v. 12.12.2010)
- (8) BauPolG (Österreich, Salzburg) Baupolizeigesetz -1997 (idF v. 11.10.2006)
- (9) BFG (Österreich) Bundesforstgesetz BFG-1975 (idF v. 30.11.2010)
- (10) BGBl (Österreich) - Novelle Nr. 105 (idF v. 27.06.2006)
- (11) BGBl (Österreich), 495 Verordnung (idF. v. 11.12.2010)
- (12) GewO (Österreich) Bundesgewerbeordnung -1994 (idF v. 10.1997)
- (13) LGBL (Österreich, Salzburg) - 5.Verordnung der Landeshauptfrau (idF v. 22.12.2005)
- (14) LEG (Österreich, Salzburg) Landeselektrizitätsgesetz -1999 (idF v. 27.04.2009)
- (15) NSchG (Österreich, Salzburg) Naturschutzgesetz -1999 (idF. v. 30.11.2010)
- (16) ÖSG (Österreich) Ökostromgesetz - 2010 (idgF. v. 11.12.2010)
- (17) UStG (Österreich) Umsatzsteuergesetz – (idgF. v. 12.12.2010)

- (18) WRG (Österreich, Salzburg) Wasserrechtsgesetz - 1959 (idF BGBl. I Nr. 82/2003)

### Internetquellen

- (19) [www.ac-tec.it](http://www.ac-tec.it), Produkte- Wasserkraftwerke- Durchströmturbine, verfügbar am 20.11.2010
- (20) [www.de.wikipedia.org](http://www.de.wikipedia.org), verfügbar am 30.11.2010
- (21) [www.dagedo.de](http://www.dagedo.de), verfügbar am 25.11.2010
- (22) [www.energie.ch/synchrongenerator](http://www.energie.ch/synchrongenerator), verfügbar am 20.11.2010
- (23) [www.fischereiverband.at/html/FG\\_NeueBestimmungen.htm](http://www.fischereiverband.at/html/FG_NeueBestimmungen.htm), verfügbar am 23.10.2010
- (24) [www.kleinwasserkraft.at](http://www.kleinwasserkraft.at), verfügbar am 04.10.2010
- (25) [www.kleinwasserkraft.at/FAQ](http://www.kleinwasserkraft.at/FAQ), verfügbar am 30.11.2010
- (26) [www.kommunalnet.at/upload/1/Geb%C3%BChrentabelle\\_Salzburg\\_Okt\\_2010.PDF](http://www.kommunalnet.at/upload/1/Geb%C3%BChrentabelle_Salzburg_Okt_2010.PDF), verfügbar am 12.12.2010
- (27) [www.maurelma.ch/durchström\\_turbine](http://www.maurelma.ch/durchström_turbine), verfügbar am 20.11.2010
- (28) [www.maurelma.ch/tugo\\_Jet](http://www.maurelma.ch/tugo_Jet), verfügbar am 21.11.2010
- (29) [www.maurelma.ch/wasserkraft](http://www.maurelma.ch/wasserkraft), verfügbar am 25.11.2010
- (30) [www.microhydropower.net](http://www.microhydropower.net), verfügbar am 20.11.2010
- (31) [www.oem-ag.at/green\\_engery/index.html](http://www.oem-ag.at/green_engery/index.html), verfügbar am 11.12.2010
- (32) [www.ossberger.de](http://www.ossberger.de), verfügbar am 20.11.2010
- (33) [www.rs-saarburg.bildung-rp.de/MN/wasser](http://www.rs-saarburg.bildung-rp.de/MN/wasser), verfügbar am 25.11.2010
- (34) [www.salzburg.gv.at/Gewässerschutz](http://www.salzburg.gv.at/Gewässerschutz), verfügbar am 23.11.2010
- (35) [www.wwats.de/trinkwasser/versorgungstechnik\\_und\\_organisation/gewinnung](http://www.wwats.de/trinkwasser/versorgungstechnik_und_organisation/gewinnung), verfügbar am 30.11.2010

### Schutzrechte

- (36) Schutzrecht EP 1138941 (2001-11-08). Steiner, Reinhard: Verfahren zur Ermittlung der Nettofallhöhe von Turbinen;  
[www.patent-de.com/20011108/EP1138941.html](http://www.patent-de.com/20011108/EP1138941.html), verfügbar am 17.11.2010

## **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.

Kuchl, den 17.12.2010

Wieser Bernhard